



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**



**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – POSGRAP  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PROZOOTEC**

---

**Roseli Teresinha Borghi**

**Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício  
moderado**

**SÃO CRISTÓVÃO - SE**

**2015**

---



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**



**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – POSGRAP  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PROZOTEC**

---

**Roseli Teresinha Borghi**

**Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício  
moderado**

Dissertação de mestrado apresentada a à  
Universidade Federal de Sergipe, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Zootecnia

Orientadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Gomes Rodrigues

Co-orientador:

Prof. Dr. Gregório Murilo de Oliveira Júnior

**SÃO CRISTÓVÃO - SE**

**2015**

---

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

B732u Borghi, Roseli Teresinha  
Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado / Roseli Teresinha Borghi ; orientadora : Paula Gomes Rodrigues. – São Cristóvão, 2015.  
62 f. : il.

Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

1. Zootecnia. 2. Equinos. 3. Equinos – alimentação. 4. Glicemia. 5. Carboidratos na alimentação animal. I. Rodrigues, Paulo Gomes, orient. II. Título

CDU 636.1.084

**Roseli Teresinha Borghi**

**Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício  
moderado**

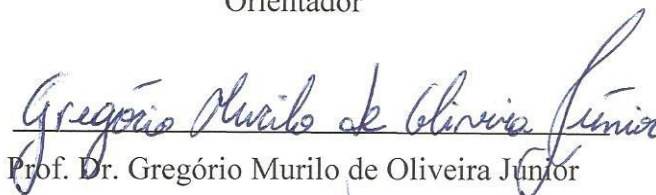
Dissertação entregue à Universidade Federal de  
Sergipe, como parte das exigências para  
obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Aprovada em 27 de Julho de 2015



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Gomes Rodrigues

Orientador



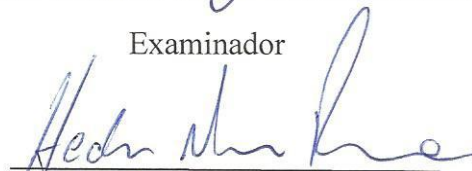
Prof. Dr. Gregório Murilo de Oliveira Júnior

Co-orientador



Prof. Dr. Gladston Rafael de Arruda Santos

Examinador



Prof. Dr. Heder Nunes Ferreira

Examinador

*Dedico este trabalho à minha mãe,  
exemplo de bondade, força,  
generosidade e resiliência.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar meus passos, principalmente nos momentos de adversidades ter sido minha força de superação.

Aos meus pais, irmãos e demais familiares pelo incentivo e apoio incondicional nas minhas escolhas. Em especial ao meu querido irmão Abílio pelas traduções em inglês.

A Profa. Dra. Paula Rodrigues, não somente pela orientação, mas pela amizade, confiança e acreditar no meu potencial de trabalho.

Ao Esquadrão da Polícia Montada do Estado de Sergipe representado pelo Major Júnior e Capitão Jeferson pela confiança e apoio incondicional a minha pesquisa.

Aos veterinários Dr. Adicley, Dr. Clístenes e enfermeiros Dalman, Santana, Jorge e Flávio pela excelente colaboração, respeito e profissionalismo dedicado a mim e a equipe de alunos durante toda fase experimental.

A Cooperativa Mista dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano – COMIGO representada pelo Sr. Wilson Marchesin pela generosa doação da casca de soja.

Aos integrantes do Grupo NEQUI Mary, Gabi, Camila, Telisson, Gerson, Rennê, Itamara, André, Manoel, Camilo e Janaina pelo excepcional empenho e determinação durante toda fase experimental. Sem a ajuda de vocês esta pesquisa não seria possível!!!

Ao Prof. Dr. Gladston pela colaboração durante as análises laboratoriais e estar sempre disposto a sanar minhas inquietudes nestes dois anos de convivência.

As técnicas Luciana e Amanda por auxiliar-me durante os processos laboratoriais.

A Gabriela, doutoranda e técnica do laboratório Flavor por contribuir brilhantemente para que uma parte das análises laboratoriais fosse possível me ensinado novas técnicas de laboratório.

Ao meu amado esposo pelo apoio incondicional, compreensão, generosidade e contribuir para que meus sonhos se tornem em realidade.

Ao meu Tutu, razão da minha vida, que me ensinou na sua tenra idade que temos que ir *“ao infinito e além”*.

Enfim agradeço aos mais importantes participantes desta pesquisa: **TEMPESTADE, MAESTRO, SANCAL, AMPARO e FANTASMA** pela gentil convivência com toda equipe durante a fase experimental, por estarem sempre dispostos a colaborar e por ensinar-nos o valor de uma amizade!!.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	iii
LISTA DE TABELAS .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS .....	v
INTRODUÇÃO .....	1
1. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
1.1. Anatomia e fisiologia do sistema digestório .....	3
1.2. Aproveitamento dos carboidratos pelo organismo .....	5
1.2.1. Classificação dos carboidratos .....	7
1.3. Importância da fibra na dieta de equinos.....	9
1.5. Casca de soja na alimentação equina.....	12
1.6. Avaliação da digestibilidade dos alimentos .....	15
1.7. Características físico químicas das fezes .....	16
1.8. Resposta Glicemia pós-prandial .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
2. HIPÓTESE .....	29
3. OBJETIVO GERAL .....	29
3.1 Objetivos Específicos .....	29
CAPITULO 1: Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado. ....	30
1.1. RESUMO .....	30
1.2. ABSTRACT .....	31
1.3. INTRODUÇÃO.....	32
1.4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
1.4.1 Local do Experimento .....	33
1.4.2. Delineamento Experimental .....	33
1.4.3. Tratamentos .....	33
1.4.4. Animais e Instalações .....	34
1.4.5. Análises bromatológicas dos alimentos.....	35
1.4.6 Ensaio de Digestibilidade .....	37
1.4.7 Avaliação do pH, consistência e coloração das fezes .....	38
1.4.8 Determinação da glicemia .....	38
1.4.9 Análises Estatísticas .....	39
1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
1.5.1. Consumo Total de MS e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes .....	41
1.5.2. Características físico química das fezes .....	49
1.5.3. Resposta Glicêmica Pós-Prandial.....	53
CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58

## RESUMO

BORGHI, Roseli Teresinha. **Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado**. Sergipe: UFS, 2015. 62p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia)

O objetivo da autora deste trabalho foi avaliar a influência da inclusão de casca de soja (CS) na digestibilidade aparente, características físico-químicas das fezes e resposta glicêmicas pós-prandial de equinos submetidos a exercício de intensidade moderada. Foram utilizados cinco equinos com idade de  $11 \pm 2$  anos e peso médio de  $455 \pm 23$  kg. Os tratamentos foram: substituição do concentrado por 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de CS (Kg/Kg). O período experimental teve duração de 50 dias, divididos em cinco períodos de 10 dias cada, sendo 7 dias de adaptação à dieta e 3 dias de coleta total de fezes. Realizou-se análises bromatológicas dos alimentos e das amostras compostas de fezes para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes. As avaliações das características das fezes compreenderam consistência, coloração e pH. Para o teste glicêmico foram coletados 5 mL de sangue cerca de 30 minutos antes, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos após administração da casca de soja homogeneizada ao concentrado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em quadrado latino (5x5). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Os resultados demonstraram que não houve efeitos ( $P>0,05$ ) dos níveis de substituições do concentrado pela casca de soja sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos não estruturais, hemicelulose, energia bruta e carboidratos rapidamente fermentáveis; porém, observaram-se diferenças estatísticas significativas ( $P<0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido e carboidratos lentamente fermentáveis, com aumento para os níveis de 30% e 40% de substituição e queda no coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos hidrolisáveis ao nível de 40% de substituição. Quanto à consistência e coloração, 100% dos equinos apresentaram fezes normal (escore 3) e esverdeada. Não houve diferenças estatísticas para o valor de pH com média de 6,34. O pico de glicose, tempo de pico e área abaixo da curva glicêmica não foram influenciados ( $P<0,05$ ) pelos níveis crescentes de casca de soja na dieta. Conclui-se que a casca de soja pode ser substituída em 30% e 40% proporcionando aumento na digestibilidade aparente da fração fibrosa, sem causar alterações nas características físico-químicas das fezes e nas respostas glicêmicas de equinos submetidos a exercício moderado.

**Palavras chaves:** carboidratos fermentáveis, coproduto da soja, digestibilidade aparente, glicemia.



## ABSTRACT

BORGHI, Roseli Teresinha. **Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado**. Sergipe: UFS, 2015. 62p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia)

The author of the present work aimed at evaluating the influence of the inclusion of soybean hull (SH) upon the apparent digestibility, the physical-chemical characteristics of feces and the postprandial glycemic responses of horses submitted to moderate-intensity exercise. Five horses were used, aging  $11 \pm 2$  years old and weighing  $483 \pm 18$  kg. The diets consisted of 60% of Tifton 85 hay (*Cynodon spp*) and 40% of a pelletized commercial concentrate. The treatments were: substitution of the concentrate for 0%, 10%, 20%, 30% and 40% of SH (Kg/Kg). The experimental period lasted 50 days, being 5 ten-day periods: 7 days for the adaptation to the diet and 3 days of total feces collection. Bromatological analyses of both the foods and of the feces samples were performed for the determination of the apparent digestibility coefficients of the nutrients. The evaluation of the characteristics of the feces comprehended consistency, coloration and pH. For the glycemic tests, 5 mL of blood was collected around 30 minutes before, and 30, 60, 90, 120, 180, 240 and 300 minutes after the administration of the soybean hull homogenized to the concentrate. The experimental delineation used was entirely casualized in Latin square (5x5). For the statistical analyses, the data were submitted to variance analysis. The means were compared with Tukey's test at 5% of significance. The result demonstrated that there were no effects ( $P>0.05$ ) of the substitution levels of the concentrate for the soybean hull over the apparent digestibility coefficient of dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, nonstructural carbohydrates, hemicellulose, rapidly fermented carbohydrate and energy. However, significant statistical differences were observed ( $P<0.05$ ) for the apparent digestibility coefficient acid detergent fiber and slowly fermented carbohydrate, with better results for the 30% and 40% substitution levels and a drop in hydrolysable carbohydrate at the 40% level of substitution. Regarding the consistency and coloration, 100% of the horses produced normal (score 3) green-colored feces. There were no statistical differences for the pH value, with means of 6.34. The glucose peak and the area below the glycemic curve were not influenced ( $P<0.05$ ) by the increasing levels of soybean hull in the diet. It is concluded that the soybean hull can be replaced in 30% and 40%, thus allowing the increase in the apparent digestibility of the fibrous fraction, without causing alterations to the physical-chemical characteristics of both the feces and the glycemic responses of horses undergoing moderate-intensity exercises.

**Key-words:** apparent digestibility, coproduct, fermentable carbohydrates, glycemia

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Amostras de fezes coletadas dos equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição por casca de soja.....	<b>49</b>
<b>Figura 2</b>	Concentrações plasmáticas de glicose representadas pela área abaixo da curva trapezoidal.....	<b>54</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b>	Quantidade (Kg de matéria seca) de Tifton 85 ( <i>Cynodon spp</i> ), concentrado comercial e casca de soja oferecidos diariamente aos equinos.....	<b>34</b>
<b>TABELA 2</b>	Composição química (%) dos componentes da dieta oferecidos diariamente aos equinos com base na matéria seca.....	<b>36</b>
<b>TABELA 3</b>	Composição química (%) da dieta total com relação com relação volumoso/concentrado de 65:35, com base na matéria seca.....	<b>36</b>
<b>TABELA 4</b>	Valores médios do consumo total de MS (CTMS), peso vivo (PV) e ingestão de matéria seca (IMS) em relação ao peso vivo.....	<b>41</b>
<b>TABELA 5</b>	Média dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDaMS), matéria orgânica (CDaMO), proteína bruta (CDaPB), extrato etéreo (CDaEE), fibra em detergente ácido (CDaFDA), hemicelulose (CDaHEM), carboidratos não estruturais (CDaCNE), carboidratos lentamente fermentáveis (CDaC-LF), carboidratos rapidamente fermentáveis (CDaC-RF), carboidratos hidrolisáveis (CDaC-H) e energia bruta (CDaEB).....	<b>42</b>
<b>TABELA 6</b>	Valores referentes à produção fecal com base na matéria natural (MN) e matéria seca (MS), conteúdo hídrico e pH fecal de equinos consumindo dietas contendo níveis crescentes de casca de soja.....	<b>50</b>
<b>TABELA 7</b>	Valores médios das concentrações plasmática basais ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ) e pico de glicose ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ), tempo gasto até o pico de glicose minutos) e área trapezoidal abaixo da curva glicêmica ( $\text{mg.dL}^{-1} \times \text{min}$ ).....	<b>53</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAC	Área abaixo da curva
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AVG	Ácidos Graxos Voláteis
Ca	Cálcio
CDa	Coeficiente de digestibilidade aparente
CDaC-H	Coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos hidrolisáveis
CDaC-LF	Coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos lentamente fermentáveis
CDaCNE	Coeficiente de digestibilidade aparente dos Carboidratos Não Estruturais
CDaC-RF	Coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos rapidamente fermentáveis
CDaED	Coeficiente de digestibilidade aparente do Energia Digestível
CDaEE	Coeficiente de digestibilidade aparente do Extrato Etéreo
CDaFDA	Coeficiente de digestibilidade aparente da Fibra em Detergente Ácido
CDaMO	Coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria Orgânica
CDaPB	Coeficiente de digestibilidade aparente da Proteína Bruta
CF	Carboidrato Fibroso
CHO-H	Carboidratos Hidrolisáveis
CHO-LF	Carboidratos Lentamente Fermentáveis
CHO-RF	Carboidratos Rapidamente Fermentáveis
CHO-T	Carboidratos Totais
CNE	Carboidratos Não Estruturais
CNF	Carboidratos Não Fibrosos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTMS	Consumo total de matéria seca
CV	Coeficiente de Variação
dL	Decilitro
DR	Dieta de Referência
EB	Energia Bruta
EBC	Energia Bruta Consumida
EBF	Energia Bruta das Fezes
ED	Energia Digestível

EE	Extrato Etéreo
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
g	Gramma
HEM	Hemicelulose
ID	Intestino Delgado
IG	Intestino Grosso
Kg	Quilograma
mg	Miligrama
ml	Mililitro
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
MSC	Matéria Seca Consumida
NRC	National Research Council
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PV	Peso Vivo
SAS	Statistical Analysis System
UFS	Universidade Federal de Sergipe

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a equideocultura ampliou seu mercado de atuação e aumentou sua importância econômica. Os animais que antes eram utilizados apenas no trabalho diário de fazendas e no transporte de cargas, hoje são direcionados para as áreas de lazer (cavalgadas), terapias ocupacionais e esportes.

Equinos utilizados em práticas desportivas fazem parte de uma categoria bastante complexa e de alta exigência nutricional. Seu máximo potencial genético só poderá ser expresso quando o manejo estiver em perfeita sintonia com suas necessidades diárias de nutrientes. Sendo assim, a utilização de alimentos concentrados de alta densidade nutricional se torna indispensável na formulação de uma dieta condizente à atividade física realizada pelos animais.

Entretanto, devido às particularidades anatômicas e fisiológicas do sistema digestório equino, deve-se buscar um nível seguro de inclusão do concentrado para que não ocorram graves transtornos digestivos e metabólicos, tais como cólicas, enterotoxemias e laminite.

Além do aspecto nutricional, a fibra também possui um importante papel no comportamento equino. Animais mantidos em baias alimentados com pequena quantidade de alimento volumoso tendem a desenvolver desvios comportamentais graves, como aerofagia ou coprofagia, devido ao longo tempo de ócio a que são submetidos.

Como em qualquer atividade comercial em que os custos devem ser mensurados, a criação de equinos também possui desafios principalmente relacionados aos custos de alimentação, sendo este de grande representatividade no negócio. Manter a qualidade nutricional com redução dos custos é essencial para garantir a lucratividade da atividade. Portanto, torna-se viável intensificar e diversificar estudos acerca de ingredientes alternativos que atendam as exigências nutricionais e contribuam para queda no custo dos concentrados.

Uma saída que vem sendo cuidadosamente estudada é a utilização de coprodutos da agroindústria de alimentos que, na grande maioria das vezes, são tratados como resíduos de culturas e são vendidos a preços baixos ao mercado consumidor. Dentre as fontes de alimentos alternativos, de composição nutricional conhecida e baixo custo, destacam-se: bagaço da cana-de-açúcar, polpa de citrus, resíduos de fecularias e de farinhas de mandioca, farelo de algodão, resíduo de cervejaria e a casca da soja.

Por ser um grande produtor da soja e seus subprodutos, a casca da soja é um coproduto relativamente barato e de fácil obtenção no Brasil. Além disso, a casca da soja possui alta concentração de celulose, hemicelulose e pectina: carboidratos fermentáveis que são

prontamente utilizados pelos microrganismos do intestino grosso. Por outro lado, os níveis de lignina, composto fenólico não aproveitado pelos microrganismos fermentadores, são extremamente reduzidos.

Diante deste contexto, a casca de soja apresenta um bom potencial de uso na dieta equina, principalmente considerando a categoria de equinos em atividade física moderada, cuja demanda energética é superior à energia de manutenção. Desta forma é de suma importância estudos acerca deste ingrediente a fim de determinar níveis de inclusão seguros e adequados à fisiologia digestória equina e desta forma ampliar o uso deste coproduto na nutrição animal com vistas a redução no potencial de acúmulo de passivos ambientais gerado pela agroindústria da soja.

## 1. REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1. Anatomia e fisiologia do sistema digestório

O conhecimento das adaptações anátomo-fisiológicas em relação aos diferentes compartimentos do trato gastrointestinal dos equinos é de suma importância ao avanço das pesquisas na área de nutrição, uma vez que cada ingrediente contido numa dieta tem seu sítio de aproveitamento em diferentes regiões do sistema digestório (BRANDI; FURTADO, 2009).

Classificados como herbívoros, não ruminantes, os equinos possuem características anatômicas importantes do sistema digestório, como estômago de tamanho reduzido e rápida taxa de passagem, intestino delgado com intensa digestão enzimática e intestino grosso bem desenvolvido com elevada atividade microbiana (DITTRICH et al., 2010).

O processo digestivo inicia-se na boca com a apreensão e mastigação dos alimentos, acompanhado por uma produção abundante de saliva (40-90mL/min), que irá umedecer o alimento triturado facilitando a deglutição do bolo alimentar ao longo do esôfago. A saliva, rica em minerais e bicarbonato, neutraliza os ácidos formados na porção inicial do estômago. Porém, a concentração de amilase é baixa, não havendo ação enzimática pré-gástrica (MEYER, 1995).

Considerado um órgão relativamente pequeno, o estômago equino possui capacidade aproximada de 15 a 18 litros e representa cerca de 10% da totalidade do sistema digestório. É capaz de receber pequenas porções de alimento continuamente, uma vez que o tempo de retenção da digesta é reduzido com permanência entre duas a seis horas aproximadamente. (FRAPE, 2008).

O estômago pode ser dividido em duas regiões: glandular e aglandular. Na primeira, tem-se a secreção de ácido clorídrico, pepsina, hormônios peptídicos e gastrina nas regiões fúndica e pilórica (BRANDI; FURTADO, 2009). Na segunda, ocorrem processos fermentativos ocasionados por bactérias anaeróbias devido à existência de extensas áreas da mucosa estomacal desprovidas de glândulas gástricas, denominada região cárdica, sendo o ácido acético o principal produto desta fermentação (MEYER, 1995). As espécies de bactérias anaeróbias presentes na região fúndica do estômago, onde o pH é torno 5,4, são capazes de tolerar acidez moderada, tais como *Lactobacillus*, *Streptococcus* e *Veillonella gazogeneses* (BRANDI; FURTADO, 2009).

O intestino delgado corresponde à aproximadamente 30% do sistema digestório e possui cerca de 21 metros de comprimento, pelo qual a digesta possui um transito rápido, podendo esta alcançar a região cecal em 45 minutos após ingestão (FRAPE, 2008). Morfologicamente, o



intestino delgado é adaptado para digestão enzimática de carboidratos não estruturais, proteínas e lipídeos, bem como absorção de açúcares simples, aminoácidos e pequenos peptídeos (FOREMAN, 2000). A mucosa possui numerosas pregas dotadas de vilosidades e microvilosidades destinadas a maximizar a área de superfície absorptiva. De acordo com Martin-Rosset; Dulphy (1987), cerca de 70 a 95% do conteúdo celular das forragens são digeridos no intestino delgado, ao passo que os carboidratos estruturais são digeridos apenas no intestino grosso.

O intestino grosso dos equinos caracteriza-se por sua grande extensão e segmentação correspondendo a cerca de 60% de todo o sistema digestório. Esta segmentação compreende o ceco, cólon e reto. O cólon, por sua vez, é subdividido em cólon ventral (direito e esquerdo), cólon dorsal (direito e esquerdo) e cólon distal, sendo que em todos estes compartimentos ocorre fermentação microbiana (JONES, et al., 2000). Microrganismos fermentadores de fibras que habitam o intestino grosso como *Ruminococcus albus* e *Fibrobacter succinogenes* são alguns dos exemplos de bactérias celulolíticas (PAGAN, 2007)

Segundo Pagan (2001a), o intestino grosso do equino comporta uma grande quantidade de líquidos e é colonizado por diferentes espécies de microrganismos capazes de realizar fermentação dos componentes da digesta que atingem este compartimento, principalmente a celulose e hemicelulose, fornecendo um aporte energético através da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) tais como acetato, propionato e butirato.

De acordo com Frape (2008), o intestino grosso é colonizado por protozoários e bactérias. Foram identificadas 72 espécies de protozoários ciliados atingindo de  $0,5 \times 10^5$  a  $1,5 \times 10^5$ /mL de conteúdo. Porém, sua contribuição fermentativa é inferior à das bactérias. A população bacteriana pode atingir de  $0,5 \times 10^9$  a  $5 \times 10^9$ /g de conteúdo; no entanto, há uma maior concentração de bactérias celulolíticas no ceco e cólon ventral indicando que ambos são os principais sítios de digestão das fibras. Além de hidrolisarem as ligações  $\beta 1-4$  dos polímeros de celulose, as bactérias também são responsáveis pela produção de vitaminas hidrossolúveis do grupo B e vitamina K.

A anatomia e motilidade do ceco e cólon possibilitam um maior tempo de retenção dos alimentos, favorecendo a ação dos microrganismos no processo de fermentação dos constituintes da parede celular dos alimentos volumosos. Do tempo total de trânsito da digesta que pode variar entre 35 a 50 horas, cerca de 85 % deste intervalo de tempo são gastos no intestino grosso (MEYER, 1995). Porém, o tempo de permanência dos alimentos nos diferentes sítios do sistema digestório está correlacionado com diferentes fatores, tais como:

individualidade, tipo de atividade física desempenhada e natureza da dieta tais como forma física, volume ingerido e composição química (MEYER, 1995)

A compartimentalização do sistema digestório aliada aos mecanismos de digestão enzimática e fermentativa permite que a espécie equina seja altamente eficiente na obtenção de energia e nutrientes dos alimentos. Portanto, o conhecimento acerca das particularidades dos sítios de digestão é de extrema importância para um manejo nutricional adequado de modo a evitar desordens digestivas e metabólicas.

## **1.2. Aproveitamento dos carboidratos pelo organismo**

A oxidação dos carboidratos é a principal via metabólica liberadora de energia contribuindo amplamente com as quantidades de calorías exigidas pelos animais. Os carboidratos, que correspondem a aproximadamente 75% de todo conteúdo das plantas forrageiras, são uma das principais fontes de energia que compõem a dieta de equinos (PAGAN, 2001b), além dos carboidratos presentes nos grãos de cereais constituídos por até 80% em amido.

O sistema digestório dos equinos é capaz de absorver apenas os monossacarídeos, forma mais simples dos carboidratos. Já os carboidratos estruturais mais complexos necessitam de ações fermentativas para se tornarem disponíveis ao organismo. O processo de digestão na espécie equina ocorre em duas etapas: a primeira é denominada digestão enzimática ou pré-cecal, cuja área de ocorrência é no intestino delgado, e a segunda de fermentação microbiana ou pós-ileal, realizada no ceco e cólon (MORGADO; GALZERANO, 2008).

Carboidratos não estruturais (CNE) como o amido e maltose são metabolizados a monossacarídeos pelas enzimas amilase e maltase respectivamente. O produto final desta degradação é a glicose, responsável pelo aporte energético, que será absorvida pelo epitélio do intestino delgado correspondendo ao processo de digestão enzimática. Além dos carboidratos, também há digestão de proteínas e lipídeos por ação das enzimas pancreáticas, proteases e lipases presentes no intestino delgado (PAGAN, 2001b).

Os equinos apresentam reduzida produção e secreção de amilase pancreática (POTTER et al., 1992), além de uma capacidade limitada no transporte de monossacarídeos pela mucosa intestinal (DYER et al., 2002). Estes são fatores que podem contribuir para uma aparente limitação na digestão dos carboidratos hidrolisáveis no intestino delgado. Sendo assim, a quantidade de amido em excesso na dieta pode escapar à digestão enzimática, para ser fermentada no ceco-cólon juntamente com a fração fibrosa dos carboidratos, podendo causar distúrbios metabólicos como cólicas, endotoxemias e laminite (BAILEY et al., 2003). Potter et

al., (1992) citaram que a capacidade crítica para a sobrecarga da digestão dos carboidratos hidrolisáveis é de aproximadamente 0,4% do peso vivo dos equinos. No entanto, pesquisas realizadas por Vervuert; Coenen (2009) concluíram que a ingestão de amido não deve ultrapassar 0,3 Kg/100 Kg de PV / dia.

Segundo Hoffman (2009), a rápida fermentação do amido que escapa à digestão pré-cecal altera negativamente o equilíbrio da microbiota e pH do ceco e cólon, favorecendo a proliferação de *Lactobacillus spp* e *Streptococcus spp*, causando produção excessiva de ácido láctico, aumentando os riscos de ocorrência de cólicas e laminite. Este mesmo autor cita ainda que dietas com altas concentrações de carboidratos hidrolisáveis podem provocar resistência à insulina em equinos, associada à obesidade e problemas ortopédicos.

Já os carboidratos da fração fibrosa dos vegetais tais como celulose e hemicelulose são lentamente fermentáveis pelas diferentes populações de microrganismos presentes no ceco e cólon, constituindo-se como uma importante fonte de energia aos equinos, assim como a fermentação de outros polissacarídeos não-amiláceos tais como as frutanas,  $\beta$ -glucanas, substâncias pécicas e fruto-oligossacarídeos também contribuem para a geração de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico) que serão utilizados como fonte de energia pelo animal (HALL, 2003).

Conforme Van Soest (1994) os carboidratos dos vegetais podem ser classificados em duas categorias conforme sua anatomia: fibrosos e não-fibrosos. Os carboidratos fibrosos (CF) compreendem a celulose, a hemicelulose e a lignina, que em conjunto representam a parede celular e que são lentamente fermentáveis no sistema digestório. Os carboidratos não-fibrosos são constituídos por amido, monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos, frutanas,  $\beta$ -glucanas, galactanas e pectinas, cuja fermentação é rápida e completa. Porém, este tipo de classificação é mais adequado à fisiologia digestiva dos animais ruminantes do que aos equinos (HOFFMAN et al., 2001).

Devido à compartimentalização do trato digestório nos equinos, há uma notável distinção na digestão dos alimentos, tornando-se necessária para a compreensão dos sistemas de análises de tais alimentos mais adequados à fisiologia digestiva dessa espécie. Neste sentido, Hoffman et al. (2001) propuseram alterações no sistema de fracionamento dos carboidratos não-estruturais para animais com fermentação no intestino grosso, dividindo-os em dois grupos: carboidratos hidrolisáveis e carboidratos fermentáveis.

Os carboidratos hidrolisáveis incluem os monossacarídeos, dissacarídeos e amidos que serão hidrolisados à glicose para posterior absorção no intestino delgado. Já os carboidratos fermentáveis são subdivididos em: fibras rapidamente fermentáveis (frutanas,  $\beta$ -glucanas,

gomas, mucilagem e pectinas) e fibras lentamente fermentáveis (celulose, hemicelulose e ligninocelulose) (HOFFMAN et al., 2001).

### **1.2.1. Classificação dos carboidratos**

Os carboidratos podem ser definidos como polihidroxiáldeídos ou poli-hidroxiketonas, sendo que a unidade básica de repetição para formação das demais classes de carboidratos é chamada de monossacarídeos.

Os monossacarídeos são os mais simples de todos os açúcares e podem ser encontrados em pequenas quantidades nos vegetais sob as formas de glicose, galactose e frutose. Já os dissacarídeos são formados pela combinação de dois monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$  originando sacarose, maltose e lactose. A hidrólise da sacarose para formar glicose e frutose é catalisada pela enzima sacarase, já a maltose é derivada da hidrólise do amido que por sua vez é hidrolisada à glicose pela ação da enzima maltase (HEDLEY, 2001).

Os polissacarídeos são longas cadeias de alto peso molecular, sendo o amido e a celulose sintetizados pelos vegetais os mais abundantes. Porém, eles diferem entre si em função da ligação glicosídica tipo  $\alpha$  ou  $\beta$ , as quais são determinantes quanto ao sítio de digestão e via digestiva que serão submetidos. (HEDLEY, 2001).

O amido, polissacarídeo de reserva das plantas, é formado por dois tipos de polímeros, a amilose (cadeias lineares de glicose conectadas por ligações  $\alpha 1-4$ ) e a amilopectina (polímeros de glicose com ligações  $\alpha 1-4$ ). No entanto, elas apresentam pontos de ramificações com ligações  $\alpha 1-6$ . Quando o amido é recrutado como fonte de energia, ocorre a conversão deste polímero em monossacarídeos através da degradação enzimática, que tornará suas unidades de glicose disponíveis para absorção (STICK; WILLIAMS, 2009)

A celulose pode ser caracterizada como um homopolissacarídeo, resistente e insolúvel em água, sendo o polímero mais abundante na natureza por compor a parede celular dos vegetais. A natureza fibrosa da celulose é decorrente do alto peso molecular e elevado grau de polimerização formando cadeias lineares e não-ramificadas de unidades D-glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -(1-4), sendo que estas ligações não são hidrolisadas pelas enzimas endógenas  $\alpha$ -amilases secretadas pelos mamíferos. As cadeias de celulose podem unir-se por pontes de hidrogênio inter- e intracadeias, formando as microfibrilas de celulose associadas à lignina resultando em fibras resistentes. A relação celulose/lignina, juntamente com presença de substâncias incrustantes como sílica, além do grau de cristalinidade e

especificidade das ligações químicas, é que determinam a intensidade de degradação microbiana da parede celular tanto para animais ruminantes como não-ruminantes com fermentação no intestino grosso (VAN SOEST, 1994; BRETT; WALDRON, 1996).

As hemiceluloses são constituídas por um conjunto heterogêneo de polissacarídeos com grau de polimerização inferior ao da celulose. A estrutura complexa deste heteropolissacarídeo basicamente se dá por ligações glicosídicas- $\beta$ , associados a açúcares residuais como xilose, arabinose, glicose, manose, galactose e ácido glicurônico, podendo ser classificadas em pentosanas e hexanos. (STICK; WILLIAMS, 2009).

As pectinas são polímeros de ácido  $\alpha$ -1,4 D-galacturônico, formando cadeias helicoidais associadas lateralmente com arabinoxilanos e galactomananos, presentes na lamela média e parede primária da célula vegetal atuando como substância de adesão entre as membranas. Também apresentam-se naturalmente associadas à celulose e hemicelulose. (ANTUNES; RODRIGUES, 2006). As pectinas se diferem do amido devido à posição axial do carbono 4, que impede a hidrólise pelas amilases. Contudo, são susceptíveis à ação microbiana de ruminantes e não-ruminantes (VAN SOEST, 1994).

As substâncias pécicas são as que mais alteram a viscosidade da digesta em função de sua alta higroscopicidade, mas como sua degradação tende a ser quase completa pelos microrganismos fermentativos, ocorre a liberação de substâncias complexadas à parede celular tais como celulose e hemicelulose, ocasionando um trânsito mais lento que favorece a atividade fermentativa na região ceco-cólica de herbívoros não-ruminantes (VAN SOEST, 1994).

Outra característica benéfica das substâncias pécicas para animais com fermentação no intestino grosso é a geração de ácido acético ao invés do ácido láctico, além de apresentar alta capacidade tamponante devido à sua grande capacidade de trocas catiônicas e ligações com íons metálicos. Tais características são importantes para a espécie equina, já que sob pH baixo, ocorre um decréscimo nas populações microbianas, sendo que os microrganismos celulolíticos são os mais afetados (VAN SOEST, 1991; BRANDI; FURTADO, 2009).

Considerando a versatilidade digestiva dos equinos como digestão enzimática pré-cecal e digestão fermentativa pós-ileal, torna-se importante a compreensão da degradação dos polissacarídeos não-amiláceos oriundos de gramíneas, grãos de cereais e coprodutos das agroindústrias por estarem diretamente correlacionados com a digestibilidade dos nutrientes e geração de energia pela produção de ácidos graxos voláteis.

### **1.3. Importância da fibra na dieta de equinos**

A fibra não é uma substância química específica, mas sim uma composição de carboidratos, principalmente celulose e hemicelulose, que em conjunto com a lignina formam a parede celular dos vegetais. A fibra corresponde à fração do alimento não digerida por enzimas digestivas que são degradadas apenas por meio da ação microbiana no ceco e cólon de animais herbívoros. (MORGADO; GALZERANO, 2009).

De acordo com TEIXEIRA; ANDREADE (2001), a parede celular pode representar de 30 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras, sendo a natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular os fatores determinantes da qualidade dos alimentos volumosos. Devido às particularidades morfofisiológicas de seu trato digestório, os equinos apresentam maior eficiência digestiva dos componentes da parede celular vegetal. A eficiência de utilização da fração fibrosa está correlacionada à composição da dieta, ou seja, proporção entre carboidratos estruturais e não-estruturais; taxa de fermentação e taxa de passagem, principalmente nos compartimentos com ação fermentativa (DROGOUL et al., 2001).

As características físico-químicas das fibras variam amplamente quanto à solubilidade, viscosidade, higroscopicidade e capacidade de ligar-se a minerais. Estas características irão exercer diversos efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo animal, tais como: influência sobre a taxa de excreção endógena e taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, alterações na digesta quanto a capacidade de retenção de água, volume e pH da ingesta e eficiência da atividade fermentativa. Estas mudanças irão influenciar de maneira bastante significativa a capacidade de fermentação e as populações de micro-organismos presentes no intestino grosso (VAN SOEST, 1994).

Dentre as funções das fibras na dieta de equinos, estão: assegurar um tempo de mastigação mínimo; promover adequada motilidade gastrointestinal; proporcionar energia na forma de ácidos graxos voláteis e constituir um reservatório natural de água e eletrólitos no sistema digestório (BOFFI, 2006). Quanto à capacidade de retenção de água pelas fibras, esta está diretamente relacionada com o seu conteúdo de hemicelulose e pectina (MORGADO; GALZERANO, 2009).

A degradabilidade das fibras é afetada por seu conteúdo de lignina, principal fator limitante da ação dos microrganismos. Desta forma, devido ao baixo teor de lignina em sua composição, a polpa cítrica, polpa de beterraba e casca de soja são alimentos considerados altamente digestíveis e importantes fonte de energia. Já a digestibilidade de palhas de cereais e forragens colhidas tardiamente apresenta valores relativamente baixos devido à alta

concentração de lignina. Fibras de digestibilidade intermediária são encontradas nas cascas de cereais (BOFFI, 2006).

De acordo com Duren (2000), as forragens podem fornecer de 30 a 70% da energia digestível requerida pelo animal. Afinal, as fibras constituem o principal substrato utilizado na fermentação microbiana do ceco e cólon, produzindo ácidos graxos voláteis que serão convertidos à energia posteriormente

Duren (2000) ressaltou a importância da fibra na manutenção da saúde do sistema digestório. Seus experimentos mostraram que uma dieta rica em fibras resultou em maior consumo de água. Além disso, animais suplementados com uma dieta rica em alimento volumoso apresentaram 73% mais água e aproximadamente 33% mais eletrólitos em seu sistema digestório após atividade física quando comparados aos animais submetidos a uma dieta pobre em fibras. A quantidade adicional de água no sistema digestório é, provavelmente, resultado da alta capacidade de retenção de água pela fibra de origem vegetal. Portanto, uma dieta rica em fibras aumenta a capacidade de retenção de água e eletrólitos, prevenindo a desidratação e o desequilíbrio eletrolítico que frequentemente acometem cavalos esportistas, principalmente àqueles que praticam enduro.

Braga et al. (2008) avaliaram influência de dois níveis de fibra em detergente neutro (25% e 35%) oriundos de duas proporções de volumoso:concentrado visando estabelecer níveis mínimo e fisiologicamente seguros de fibra para equinos e concluíram que dietas contendo apenas 25% de FDN aumentam a predisposição destes animais a quadros de cólica e laminite.

Além das forragens tradicionais, outras fontes de fibras como a polpa de beterraba e a casca de soja têm sido estudadas com intuito de incluí-las como fontes alternativas seguras de fibras para animais não ruminantes. Por apresentar níveis energéticos e digestibilidade superiores aos das forragens típicas, estes coprodutos são chamados de “super fibras”. No entanto, quando comparadas aos grãos de cereais como aveia e cevada estas “super fibras” apresentam energia levemente inferior, o que as tornam um alimento mais seguro que os grãos devido as suas fibras naturais (DUREN, 2000).

#### **1.4. Nutrição de equinos atletas**

Estratégias de alimentação devem ser implementadas, uma vez que a evolução da espécie equina resultou em animais herbívoros pastejadores com sistema digestório especializado para digerir e metabolizar dietas contendo grande quantidade de forragens. Atualmente, a interferência do homem no intuito de maximizar seu crescimento e produtividade, bem como melhor desempenho atlético, submeteu os equinos à ingestão de dietas contendo altos níveis de

grãos de cereais ricos em amido, tais como o milho, soja, aveia, sorgo dentre outros (DITTRICH et al., 2010).

A relação entre volumoso e concentrado é base para a formulação da dieta dos equinos. O alimento volumoso é a principal fonte de nutrientes, principalmente fibra, e o concentrado fornece o aporte energético proveniente da mistura de grãos.

De acordo com Dittrich et al. (2010), o alimento volumoso é representado pelas pastagens e fenos, tanto de gramínea quanto de leguminosa. As espécies de gramíneas mais utilizadas para produção de feno são aquelas do gênero *Cynodon*, tais como: Tifton 85, Coast-Cross e Bermuda. Estas gramíneas possuem teor de nutrientes adequado e boa digestibilidade. Dentre os fenos de leguminosa, o mais comumente utilizado é o de alfafa (*Medicago sativa*).

O requerimento energético para um equino em manutenção pode ser satisfeito por meio do fornecimento exclusivo de forragens, entretanto, esta prática de manejo se torna inadequada quando as exigências nutricionais a serem atendidas são aquelas de equinos de alto desempenho atlético. Para isso, se torna necessário o aumento da concentração energética da dieta por meio da adição de grãos ou subprodutos de grãos de cereais que apresentam em sua composição nutricional grande quantidade de carboidratos hidrolisáveis (NRC, 2007).

Os alimentos comumente utilizados nas dietas de equinos atletas são grãos de cereais como, cevada, aveia, sorgo e milho, misturados em diferentes proporções para produzir concentrados com diversos teores de energia. A aveia é composta por aproximadamente 47 à 50% de amido, enquanto que o milho e a cevada apresentam teores de amido entre 60 à 66% do seu conteúdo (NRC, 2007).

A energia fornecida pelos grãos, após digestão e absorção, poderá ser utilizada imediatamente ou armazenado nos músculos e fígado na forma de glicogênio (LAWRENCE, 2008). O glicogênio muscular é uma fonte de combustível consumida durante o exercício, daí a necessidade do fornecimento de adequadas quantidades de carboidratos hidrolisáveis na dieta desta categoria animal, a fim de garantir um aporte de substrato (glicose) suficiente para restabelecer as reservas de glicogênio muscular consumidas durante atividades físicas prolongadas (GEOR, 2002). Contudo, deve-se manter um nível de inclusão de concentrado seguro e balanceado para as diferentes intensidades de trabalho respeitando o teor mínimo de fibras, de forma prevenir transtornos digestivos e metabólicos, além de vícios comportamentais com aerofagia (LEWIS, 1995).

A energia contida nos alimentos não é aproveitada em sua totalidade pelo organismo, para isso, devemos considerar somente a energia digestível para o cálculo das exigências nutricionais. Sakomura; Rostagno (2007), definiram energia digestível (ED) como sendo a



energia do alimento que é absorvida após o processo de digestão dos animais, portanto sua determinação é dada pela diferença entre a energia bruta do alimento consumido e a energia bruta presente nas fezes.

As fontes primárias de energia para equinos são: carboidratos (fibrosos e não fibrosos) e lipídios, cuja contribuição depende da intensidade e duração do exercício bem como também da dieta e condicionamento físico (COYLE, 1992). Já as proteínas não são consideradas fontes eficientes de energia, são utilizadas pelo organismo animal apenas em casos de subnutrição exacerbada. Sendo assim, carboidratos e lipídios são as fontes mais estudadas e utilizadas na nutrição de animais atletas (HINTZ, 1994).

Para um equino com peso médio de 450 kg, a ED necessária à sua manutenção é aproximadamente 13,6 a 16,3 Mcal por dia (NRC, 2007). Já as exigências energéticas para o desempenho de atividade física dependem, principalmente, do peso do cavaleiro, duração e intensidade do exercício. (PAGAN; HINTZ, 1986). Segundo Jimenez (2012), um equino de enduro com peso médio de 450 kg sob comando de um cavaleiro com 75 kg, em exercício ao trote médio (250 m/min) com duração de três horas ininterruptas, terá exigência de 15 Mcal de ED diário para realização de tal atividade, a qual acrescida das exigências de manutenção totalizará, aproximadamente, 30 Mcal/ED por dia.

Outra importante fonte de energia recomendada para equinos atletas é a adição de lipídeos à dieta. Este nutriente fornece 2,25 vezes mais energia e promove menor flutuação na glicemia e menor incremento calórico, quando comparados aos carboidratos (LAWRENCE, 2008). Destacam-se como importantes fontes de lipídeos os óleos vegetais (HUGHES, 1995; MARQUEZE et al., 2001; BRANDI et al., 2009; RIBEIRO et al., 2009a) e gordura animal (RIBEIRO et al., 2009a).

### **1.5. Casca de soja na alimentação equina**

A casca de soja pode ser definida como coproduto do sistema de produção e beneficiamento da soja. Segundo Fadel (1999), coproduto pode ser definido como: “material que possui valor como alimento para animais, sendo obtido ao final da colheita de alguma cultura ou após processamento agroindustrial de alguma *commodity*”. Como uma alternativa economicamente viável, os coprodutos originados pelas agroindústrias de transformação tais como polpa cítrica, casca do grão de soja, bagaço de cana dentre outros, estão sendo utilizados como ingredientes na alimentação animal com êxito (GERON, 2007).

De acordo com projeções realizadas pelo GRUPO CELERE® (2015) referente a safra 2014/2015 a produção brasileira total de soja será de aproximadamente de 93,8 milhões de

toneladas. Considerando que parte desta produção será destinada a exportação (48,3 milhões de toneladas) e uma pequena parcela será destinado a produção de sementes, seu para o processamento industrial de extração de óleo um total de 40,8 milhões de toneladas de soja. Isso significa que a produção de casca de soja poderá atingir aproximadamente 2,9 milhões de toneladas deste coproduto, já que sua casca representa 7 a 8% do peso do grão, demonstrando um enorme potencial quantitativo de oferta deste ingrediente a ser incluído em rações para animais .

A casca de soja corresponde ao envoltório físico do grão denominado pericarpo, cuja função é proteger o endosperma do mesmo, sendo esta separada do embrião por meio de processamento industrial. Como consequência, apresenta em sua composição elevados níveis de fibras de alta digestibilidade, ideal para alimentação animal (GOLÇALVES et al., 2009)

Segundo o NRC (2007) a casca de soja apresenta a seguinte composição química: matéria seca (MS) 90,9%; proteína bruta (PB) 13,9%; energia digestível (ED) 2,25 Mcal/Kg; lisina (Lis) 0,87%; cálcio (Ca) 0,63%; fósforo (P) 0,17%; fibra em detergente neutro (FDN) 63,3%; fibra em detergente ácido (FDA) 40,7%; extrato etéreo (EE) 2,3%, além de baixos valores de amido (5%).

De acordo com Anderson (1988), a casca de soja apresenta alto conteúdo de fibra composta por grande quantidade de celulose e hemicelulose pouco lignificada, com valores de lignina variando entre a 1,4% a 3,9% com base na matéria seca.

Somado à isso, a concentração de pectina é alta, cerca de 14,8%. Este carboidrato é classificado como fibra solúvel altamente digestível com digestibilidade verdadeira próxima de 98% (VAN SOEST, 1994). As pectinas pertencem ao grupo dos polissacarídeos não amiláceos com elevados teores de ácido galacturônico, ramnose, arabinose e galactose. Tais substâncias pécicas estão presentes na lamela média e na parede primária da célula vegetal (EZEQUIEL; GALATI, 2005).

Sendo assim, a pequena concentração de lignina na casca de soja e seu alto teor de fibras altamente digestíveis, são os principais fatores que comprova o grande potencial de utilização deste coproduto na dieta de equinos (GOLÇALVES et al., 2009).

Estudos que avaliam o efeito da inclusão de diferentes níveis de casca de soja na dieta de animais de produção tem sido realizados com sucesso na alimentação de bovinos (IPHARREGUERRE; CLARK, 2003; GOLÇALVES et al., 2009), ovinos (SANTOS et al., 2008), suínos (QUADROS et al., 2007) e coelhos (RESTORE et al., 2010; TOLEDO et al., 2012).

Frape (2008) afirmou que, devido às suas características nutricionais, a casca de soja pode substituir em até 75% o feno de alfafa sem perda de aceitabilidade pelos equinos. O autor explicou que o aumento de fibra solúvel da dieta causou elevações na produção cecal total de AGV e na proporção de propionato em relação aos demais AGV, reduzindo a proporção de butirato e diminuindo o pH cecal de 7 para 6,45.

Quadros et al. (2004) avaliando a digestibilidade aparente da dieta utilizando diferentes níveis de substituição do feno de Tifton 85 por casca de soja, concluíram que a substituição parcial ou total deste coproduto em dietas de equinos em crescimento é viável e não afeta o desempenho dos animais.

Coverdale et al. (2004) concluíram que é possível a substituição da casca de soja em até 75% em relação ao alimento volumoso, pois a casca de soja fornece um adequado aporte energético sem os problemas comuns associados a administração de dietas ricas em grãos, além de ser uma fonte de fibra adequada à dieta equina.

Arruda et al. (2009) avaliaram a inclusão de diferentes coproduto na dieta de equinos, tais como resíduo de soja, casca de soja, casca de trigo e casca de milho, e concluíram que casca de soja apresentou os melhores valores de digestibilidade da fração fibrosa em comparação com os demais coprodutos testados.

Ribeiro et al. (2009b) avaliaram o consumo de nutrientes e a ingestão “*ad libitum*” de água por equinos adultos em manutenção submetidos a dietas contendo diferentes coprodutos agroindustriais (resíduo de soja, casca de soja, casca de trigo e casca de milho) e encontraram os maiores consumos de FDN e FDA para as dietas compostas de casca de soja, 3.245,20 e 1.797,68 g/dia, respectivamente. Estes mesmos autores concluíram que a utilização destes coprodutos em dietas de cavalos em manutenção não afetou a ingestão de água, recomendando a casca de soja para compor rações para equinos.

A utilização da casca de soja apresenta características nutricionais viáveis e interessantes para a dieta equina em função do baixo teor de amido, que proporciona baixa taxa de fermentação ceco-cólica e reduz problemas de acidose evitando desordens metabólicas, além de propiciar aumento na concentração energética do concentrado a partir de uma fonte de fibra de rápida fermentação. No entanto, é necessário o estudo quanto aos níveis de inclusão deste ingrediente na alimentação dos equinos atletas.

A literatura consultada relata informações sobre a digestibilidade aparente de determinadas categorias equinas, tais como potros em fase de crescimento com aproximadamente 11 meses de idade e equinos adultos em manutenção, porém não foi encontrado

relatos que avaliassem a digestibilidade aparente de dietas contendo casca de soja para equinos desempenhando atividade esportiva.

#### **1.6. Avaliação da digestibilidade dos alimentos**

Estudos acerca do valor nutritivo dos alimentos e das exigências nutricionais dos animais são fundamentais na formulação de rações balanceadas. Uma das formas mais eficaz para o conhecimento dos valores nutricionais dos ingredientes é através da mensuração da digestibilidade aparente ou verdadeira.

Entende-se por digestibilidade aparente a fração do alimento consumido que não é recuperado nas fezes. A digestibilidade verdadeira é a diferença entre o nutriente da dieta e seus resíduos indigestíveis livre dos resíduos metabólicos. Portanto, o coeficiente de digestibilidade verdadeira é maior que o coeficiente de digestibilidade aparente, pois este contempla as perdas metabólicas incluídas nos valores mensurados nas fezes (ANDRIGUETTO et al., 1999).

A digestibilidade dos nutrientes nos alimentos é comumente expressa como a porcentagem do nutriente que desaparece no balanço entre alimento ingerido e excretado nas fezes (VAN SOEST, 1994).

A determinação da digestibilidade dos alimentos para equinos pode ser obtida utilizando-se diferentes técnicas: cálculos baseado na composição química do alimento, métodos *in vivo* e métodos *in vitro*. Os métodos *in vivo*, amplamente utilizado em pesquisas animais, envolvem a coleta total de fezes (método direto) e o uso de marcadores internos indigestíveis (método indireto), sendo a coleta total de fezes a metodologia considerada de maior precisão e confiabilidade, amplamente aplicada para estimação dos coeficientes de digestibilidade (BERGERO et al., 2005).

A quantificação do alimento ingerido e das fezes coletadas são tarefas laboriosas e demanda tempo, situação que exige confinamento dos equinos em baias ou gaiolas metabólicas, além da manipulação de grandes quantidades de fezes (SALE, 2012).

Estudos foram realizados para determinar o período mínimo de coleta de fezes de forma a reduzir o tempo de confinamento e os trabalhos laboriosos exigidos por esta técnica sem comprometer a qualidade dos resultados. O tempo de coleta total de fezes pode variar de 3 a 10 dias sendo que 3 dias consecutivos de coleta são suficientes para estimar a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica e frações fibrosas (GOACHET et al., 2009).

Araújo et al. (2003) avaliaram valores de digestibilidade dos nutrientes em diferentes dias de coleta e concluíram que os períodos de coleta total de fezes de 2 a 7 dias, para ensaios de digestão com equinos alimentados apenas com volumosos, e de 3 a 6 dias, para equinos

submetidos às dietas mistas, não apresentaram diferenças estatísticas entre si, todos os períodos apresentam grande precisão.

Quadros et al. (2004), avaliando a digestibilidade aparente da dieta equina, utilizaram níveis de substituição de 0%, 33,3%, 66,6% e 100% do feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*) por casca de soja e encontraram coeficientes de digestibilidade aparente na MS, PB, FDN, FDA superiores àqueles observados no tratamento sem inclusão de casca soja dieta, independentemente do nível de substituição adotado. Os autores concluíram que a substituição parcial ou total do feno de Tifton 85 por casca de soja em dietas de equinos em crescimento é viável.

Arruda et al. (2009), avaliando inclusão de diferentes coproduto na dieta de equinos, concluíram que a casca de soja apresentou os melhores valores de digestibilidade da fração fibrosa em comparação aos demais coprodutos testados. A digestibilidade da FDN e FDA foram de 64,28% e 47,57% respectivamente. Esses valores refletem a quantidade e qualidade da fração fibrosa presente na casca de soja, sobretudo o grau de lignificação e complexação dos componentes da parede celular em função do baixo teor de lignina e elevada concentração de pectina rapidamente fermentáveis.

A eficiência na digestibilidade das fibras dietéticas pelos equinos está correlacionada com três fatores principais: composição dos carboidratos da dieta; atividade fermentativa das populações microbianas e taxa de passagem do alimento ao longo do sistema digestório. O aumento da digestibilidade das fibras está intimamente relacionado a um maior tempo de retenção da digesta nos sítios fermentativos (DROGOUL et al., 2001).

Boffi (2006) relatou que há diversos fatores que alteram a digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis presentes nos grãos de cereais, como estrutura interna do grão; espécie do grão; tipo de processamento (moagem, prensagem ou extrusão) e quantidade ingerida. A ingestão excessiva de carboidratos amiláceos influencia negativamente sua própria digestibilidade, isto ocorre devido às baixas concentrações da enzima alfa-amilase e rápida taxa de passagem do quimo ao longo do intestino delgado dos equinos.

### **1.7. Características físico química das fezes**

A fermentação microbiana de carboidratos estruturais e não estruturais no intestino grosso pode atender até 75% das necessidades energéticas dos equinos e para tanto é necessário um ambiente estável no lúmen intestinal quanto ao pH, osmolaridade, anaerobiose e hidratação para a ocorrência dos processos fermentativos ideais aos equinos (JONES et al, 2000). Pagan (2007) afirma que dietas ricas em fibras favorece um ambiente adequado às populações de

bactérias celulolíticas no intestino grosso, no entanto a atividade destes microrganismos se tornam menos eficientes em pH abaixo de 6,0

Um indicativo satisfatório que reflete o funcionamento do sistema gastrointestinal é avaliação das características físico-química das fezes, a qual permite correlaciona-las com o manejo alimentar dos equinos (JONES et al., 2000). Uma análise do funcionamento do sistema digestórios dos equinos pode ser realizada a partir de critérios importantes tais como defecação regular, consistência, forma e cheiro, os quais também permitem inferir sobre bem estar e alterações na dieta destes animais (MEYER, 1995).

A colheita e avaliação macroscópica das características físicas das fezes envolvem exames quanto ao formato, hidratação, coloração, odor, tamanho das partículas e presença de grãos ou corpos estranhos. Este procedimento fornece informações sobre a digestão, velocidade e tempo de transito dos alimentos no intestino grosso. (JONES et al., 2000; GOLÇALVES et al., 2006 ).

Grandes partículas de fibras nas fezes podem representar mastigação inadequada ou digestão insatisfatória no intestino grosso. Bolos fecais firmes, pequenos e cobertos por muco indicam um trânsito prolongado através do cólon descendente. Fluidez implica tempo de trânsito diminuído (JONES et al., 2000; SANTOS et al., 2009).

A avaliação das características químicas das fezes tais como pH e capacidade tamponante, podem ser considerados como um critério auxiliar no diagnóstico de cólicas equinas (GOLÇALVES et al, 2006), adicionalmente estes parâmetros fecais podem ser utilizados como métodos indiretos e não invasivos para estimar a acidose no intestino grosso dos equinos (RICHARDS et al., 2006; SANTOS et al., 2009; GODOI et al., 2009)

O pH do intestinal situa-se entre limites estreitos variando de 6,0 a 6,8 (JONES, 2000), entretanto mudanças adruptas na dieta especialmente aquelas com altos níveis de carboidratos solúveis causam mudanças no ecossistema bacteriano com um rápido desenvolvimento de bactérias amilolíticas gram-positivas como *Lactobacillus spp*, *Streptococcus spp*, as quais são responsáveis pelo quadro de acidose intestinal acompanhado de diarreias osmóticas, lise das bactérias gram-negativas e subsequente laminite em equinos (BERG et al., 2013).

O pH fecal satisfatório flutua entre 6,5 a 7,0, no entanto pH de 6,0 há indícios de acidose intestinal subclínica (PAGAN, 2007). Santos et al. (2009) realizaram estudos acerca do pH, capacidade tamponante e consistência das fezes de equinos submetidos a sobrecarga dietética de amido e observaram redução do pH abaixo de 5,0 após 16 horas pós sobrecarga.

Godoi et al. (2009) avaliaram o consumo de matéria seca e qualidade das fezes de equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja (8,5% e 19,5%) e

relataram que não houve ocorrências de diarreias e alterações na qualidade das fezes a partir das referidas dietas hiperlipidêmicas, as quais possibilitaram uma redução no consumo de carboidratos rapidamente fermentáveis contido na ração concentrada.

Berg et al. (2005) observaram uma tendência de queda linear no pH fecal (6,48 para 6,38) de equinos a medida que aumentou a ingestão de frutooligossacarídeos, um carboidrato com múltiplas unidades de frutose digerido por fermentação microbiana. Adicionalmente foi avaliada a consistência das fezes adotando-se uma escala de 1 a 5, sendo que foi atribuído o grau 1 para fezes extremamente seca; 3 para fezes normais e 5 fezes diarreicas.

Esta mesma escala de consistência fecal foi adotada por Santos et al. (2009) que observaram fluidificação na consistência das fezes de equinos submetidos a sobrecarga dietética de amido após 20 horas pós sobrecarga (escore 4) que evoluiu para quadros diarreicos (escore 5) com 36 horas pós sobrecarga. A fluidificação das fezes ocorre em função do aumento de ácido láctico, oriundo da fermentação de amido e frutanas no intestino grosso, induzindo a um aumento da pressão osmótica intraluminal resultando no fluxo de água para o interior deste órgão (JONES et al., 2000).

Fica evidente que o tipo de alimento e a relação volumoso:concentrado influenciam diretamente as características físico-química das fezes, as quais podem indicar normalidade do sistema digestório ou auxiliar no diagnósticos de eventuais distúrbios gastrointestinais tais como cólicas ou estados de acidose intestinal correlacionados com manejo alimentar dos equinos.

Portanto o estudo acerca das características das fezes (pH, consistência e coloração) de equinos submetidos a um manejo alimentar em que haverá substituição parcial em diferentes níveis crescentes da fração concentrada por uma fonte alternativa de fibra rapidamente fermentável representada pela casca de soja torna-se essencial para avaliar ocorrência ou não de acidose intestinal em função da mudanças no manejo alimentar destes animais.

## **1.8. Resposta Glicêmica pós-prandial**

A glicose é o principal combustível celular na obtenção de energia necessária à manutenção, reprodução e armazenamento de glicose na forma de glicogênio pelo fígado. A glicemia é finamente regulada por diversos mecanismos hormonais e não hormonais, os quais estão relacionados diretamente com o consumo de alimentos que digeridos são absorvidos na forma de glicose (CUNNINGAN, 1999). Em equinos, a glicemia é regulada por ação hormonal para ser mantida entre um patamar inferior e um superior de 70 a 130 mg.dL<sup>-1</sup> respectivamente (ROSE; HODGSON, 1994).

Frape (2008) relatou que a glicemia basal em pôneis saudáveis geralmente permanece em níveis entre 2,8 e 3,3 mmol.L<sup>-1</sup>, porém em equinos da raça Puro Sangue Inglês as concentrações basais de glicose sanguínea se apresentam entre 4,4 e 4, mmol.L<sup>-1</sup>., podendo se elevar para 6, mmol.L<sup>-1</sup>, ou mais após 2 horas do início da refeição. No entanto a escala de resposta da glicose plasmática após uma refeição é influenciada pela intensidade de qualquer tipo de exercício prévio realizado pelo animal, sendo que o exercício intenso reduz significativamente esta resposta.

De acordo com McKeever; Gordon (2008), um hormônio de fundamental importância na regulação dos processos metabólicos glicoregulatórios é a insulina, secretada pelas células  $\beta$  das ilhotas pancreáticas e liberada na corrente sanguínea para controle dos níveis glicêmicos. A insulina é um hormônio anabólico cuja função é acionar enzimas direcionadas ao armazenamento de glicose. Dugat et al. (2011) citaram valores de referência de insulina para equinos no repouso entre 4,9  $\mu$ UI/mL e 45,5 $\mu$ UI/mL. No entanto, McGowan (2008) relatou que valores inferiores a 62 $\mu$ UI/mL são considerados normais para insulinemia de equinos em repouso. Enquanto que o pico de insulina ocorre imediatamente após o pico de glicose e as concentrações podem atingir de 4 a 8 vezes os valores de jejum entre 1 a 2 horas após uma refeição (McKEEVER; GRDON, 2008).

O estudo acerca das concentrações de glicose imediatamente após a alimentação pode ser extremamente importante na avaliação das respostas glicêmicas (alta, média ou baixa) conjuntamente com as análises químicas da composição dos carboidratos oferecidos aos animais (STULL; RODIEK, 1998).

A resposta glicêmica no período pós-prandial tem sido objeto de estudo na nutrição humanado ao longo dos anos, especialmente para subsidiar tratamentos quanto à obesidade, diabetes mellitus, resistência à insulina e doenças cardiovasculares a partir do conhecimento do Índice Glicêmico dos alimentos, visto que há uma estreita relação entre dietas altamente glicêmicas e tais enfermidades (JENKINS et al., 2002).

Estes mesmos autores relatam que o índice glicêmico na nutrição humana foi desenvolvido para classificar diferentes fontes de carboidrato presente nos alimentos com base nos efeitos glicêmicos pós-prandial, dividindo-os em carboidratos com baixo ou alto índice glicêmico. Desta forma os carboidratos com baixo índice glicêmicos são aqueles que quando digeridos e absorvidos levam a uma baixa resposta glicêmica, enquanto que os carboidratos com alto índice glicêmico são aqueles que ao serem digeridos e absorvidos rapidamente provocando uma alta resposta glicêmica.



A exemplo da nutrição humana existe um interesse no estudo acerca das respostas glicêmicas de alimentos para equinos. A digestão pré-cecal e o metabolismo de fontes de amido e açúcares simples, como aquelas presentes nos grãos de cereais, causam altas flutuações nas concentrações de glicose e insulina de equinos predispondo-os a algumas doenças observáveis em humanos tais como resistência a insulina e obesidade (VERVUERT; CONEN, 2005; RODIEK; STULL, 2007) e outras desordens metabólicas associadas à ingestão de dietas ricas em amido como laminite, cólicas e doenças ortopédicas (HOFFMAN; 2009).

Para Jones (2003) a resposta glicêmica é influenciada pela composição do alimento, quantidade consumida, preenchimento gástrico, concentração de carboidratos e absorção da glicose. Dietas ricas em grãos tendem a ter uma maior digestão de carboidratos não estruturais no intestino delgado e um maior aporte de glicose sanguínea em relação às dietas ricas em forragens com maiores quantidades de carboidratos estruturais (CUNHA, 1991).

Casaleschi et al. (2012), estudando a influência de diferentes processamentos do milho na digestibilidade e nos níveis plasmáticos de glicose em equinos, observaram que a extrusão e a floculação do milho constituem importantes ferramentas na alimentação de equinos por apresentarem valores superiores de digestibilidade aparente da matéria orgânica e proteína bruta.

Gobesso et al. (2009) estudaram as respostas plasmáticas de glicose e insulina em equinos alimentados com diferentes fontes de amido e concluíram que as variações observadas nos níveis de insulina são indicativas de que um manejo alimentar apropriado exerce influência tanto nos níveis basais quanto nos picos deste hormônio.

Adicionalmente aos estudos relacionados às características físico-química dos alimentos destinados aos equinos, pesquisadores acreditam que o conhecimento relacionado ao índice glicêmico destes alimentos permitem auxiliar nas recomendações nutricionais para determinadas categorias equinas, como animais em exercício de alta performance, que necessitam de dietas que produzam elevações nas concentrações de glicose como fonte energética prontamente disponível para atender a demanda deste nutriente imposta pelo exercício. Em compensação, animais senis e/ou portadores de enfermidades como resistência à insulina ou laminite terão maiores benefícios com dietas que produzam menores respostas glicêmicas partir de alimentos de baixo índice glicêmico (VERVUERT; COENEN, 2005; RODIEK; STULL, 2007).

Rodiek; Stull, (2007) avaliaram as respostas glicêmicas dos dez alimentos mais comuns na alimentação equina e classificaram-nos em dois grupos: alto e baixo índice glicêmico. Como

exemplo de baixo índice glicêmico encontram-se a polpa de beterraba, feno de alfafa, farelo de trigo, farelo de arroz e a casca de soja.

Conhecer a resposta glicêmica dos alimentos sob condições controladas de um experimento é um passo essencial para a compreensão da digestão dos carboidratos e do metabolismo da glicose em equinos e desta forma obter o conhecimento necessário para formular dietas com alto ou baixo índice glicêmico proporcionando benefícios a saúde do equino que irá consumi-la.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, S. J.; MERILL, J. K.; MCDONNELL, M. L. et al. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 2965-2976, 1988.
2. ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição Animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal**. Os alimentos. 4. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1999. 387p.
3. ARAUJO, K. V.; LIMA, J. A.; FIALHO, E. T.; FRANCO, G. L.; Avaliação de períodos de coleta total de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos. **Revista Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 4, p. 886-893, 2003.
4. ARRUDA, A. M. V. de; RIBEIRO, L. B.; PEREIRA, E. S. Avaliação de alimentos alternativos para cavalos adultos da raça Crioulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 61-68, 2009.
5. ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos Carboidratos Não estruturais. In: BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 616p.
6. BAILEY, S. R.; BAILLON, M. L.; RYCROFT, A. N.; HARRIS, P. A.; ELLIOTT, J. Identification of Equine Cecal Bacteria Producing Amines in an Vitro Model of Carbohydrate Overload. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, n. 4, p. 3087-2093, 2003.
7. BERG, E. L.; FU, C. J.; PORTER, J. H.; KERLEY, M. S. Fructooligosaccharide supplementation in the yearling horse: Effects on fecal, pH, microbial content and volatile fatty acid concentrations. **Journal. Animal Science**, v. 83, p. 1549–1553, 2005.
8. BERG, M. V.; HOSKIN, S. O.; ROGERS, C. W.; GRINBERG, A. Fecal pH and Microbial Populations in Thoroughbred Horses During Transition from Pasture to Concentrate Feeding. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 33, p. 215-222, 2013.
9. BERGERO, D.; MEINER, G.; MIRAGLIA, N.; PEIRETTI, P. G. Apparent digestibility of hays in horses determined by total collection of faeces and using internal marker methods. **Journal of Food, Agriculture; Environment**, v. 3, p. 199-202, 2005.
10. BRAGA, A. C.; ARAUJO, K. V.; LEITE, G. G.; MASCARENHAZ, A. G. Níveis de fibra em detergente neutro em dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1065-1072, 2008.
11. BRANDI, R. A; FURTADO, C. E.; MARTINS, E. N.; FREITAS, E. F. V.; CORREA, L. N.; QUEIROZ, A. N.; BUENO, L. R. Desempenho de equinos submetidos a enduro alimentados com níveis de óleo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 311-321, 2009.

12. BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 246-258, 2009. Suplemento Especial.
13. BRETT, C. T.; WALDRON, K. W. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2th ed. Cambridge CH Books. 255p, 1996.
14. BOFFI, F. **Fisiología del Ejercicio en Equinos**. 1. ed. Buenos Aires: INTER-MÉDICA, 2006. 306p.
15. CASALECCHI, F. L.; ETCHICHURY, M.; GONZAGA, V. F. et al. Digestibilidade aparente total e respostas glicêmicas de dietas para equinos contendo milho submetido a diferentes processamentos. **Brazilian Journal Research of Animal Science**, v. 49, n. 3, p. 232-238, 2012.
16. COVERDALE, J. A.; MOORE, J. A.; TYLER, H. D.; MILLER-AUWERDA, P. A. Soybean hulls as an alternative feed for horses. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1663-1668, 2004.
17. COYLE, E. F. Carbohydrate supplementation during exercises. **The Journal of Nutrition**, v. 122, p. 788-795, 1992.
18. CUNHA, T. J. **Horse Feeding and nutrition**. 2. ed. London: Academy Press, 1991. 445p.
19. CUNNINGHAM, J. C. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 528p.
20. DITTRICH, J. R.; MELO, H. E.; AFONSO, A. M. C.; DITTRICH, R. L. Comportamento ingestivo de equinos e a relação com o aproveitamento das forragens e bem-estar dos animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, p.130-137, 2010.
21. DROGOUL, C.; FOMBELLE, A.; JULLIAND, V. Feeding and microbial disorders in horse: Part 2 - Effect of three hay:grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 21, n. 10, p. 487-491, 2001.
22. DUGAT, S. L.; TAYLOR, T. S.; MATHEWS, N.; GOLD, J. R. Values for triglycerides, insulin, cortisol and ACTH in a herd of normal donkeys. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 30, n. 3, p. 141-144, 2011.
23. DUREN, S. **Feeding the endurance horse**. Kentucky Equine Research, Inc: Versailles, Kentucky, 2000. p. 351-363.
24. DYER, J.; FERMANDEZ, M. E.; SALMON, K. S.; PROUDMAND, C. J.; EDWARDS, G. B. Molecular characterization of carbohydrate digestion and absorption in equine small intestine. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, n. 4, p. 349-358, 2002.
25. EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L. Qualidade da matéria prima e novos testes laboratoriais como instrumento de maximização da dieta balanceada. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 42, 2005, Goiânia. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes. **Anais...** SBZ: Goiânia, 2005. p. 296-321.

26. FADEL, J. G. Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. **Animal Feed Science Technology**, v. 79, p. 255-268, 1999.
27. FOREMAN, J. H. Enfermidades do Intestino Delgado. In: REED, S. M.; BAYLY, W. N. **Medicina Interna Equina**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2000, p. 540-547.
28. FRAPE, D. **Nutrição e alimentação de equinos**. 3. ed. São Paulo: Rocca, 2008. 602p.
29. GEOR, R. J. Nutritional management of the equine athlete. In: HINCHICLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine Exercise Physiology**. Elsevier, 2008, 301-323p.
30. GERON, L. V. **Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de animais de produção**. PUBVET, v. 1, n. 9, art. 12, 2007. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br>>. Acesso em: 16 out. 2014.
31. GOACHET, A. G.; PHILIPPEAU, C.; VARLOUD, M.; JULLIAND, V. Adaptations to standard approaches for measuring total tract apparent digestibility and gastro-intestinal retention time in horses in training. **Animal Feed Science Technology**, v. 152, p. 141-151, 2009.
32. GOBESSO, A. O.; ETCHICHURY, M.; TOSI, H. Respostas plasmáticas de glicose e insulina em equinos alimentados com diferentes fontes de amido. **Brazilian Journal Veterinary Research Science**, v. 46, n. 4, p. 324-331, 2009.
33. GODOI, F. N.; QUEIROZ, F. A.; SANTIAGO, J. M.; JUNIOR, D. G.; NOGUEIRA, Y. C.; BRASILEIRO, L. S. Perfil hematológico e características das fezes de equinos consumindo dietas hiperlipidêmicas. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2572-2577, 2009.
34. GONÇALVES, S.; LEBLOND, A.; DROGOUL, C.; JULLIAND, V. Using feces characteristics as a criterion for the diagnosis of colic in the horse: a clinical review of 207 cases. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 157, p. 3-10, 2006.
35. GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. Casca de soja na alimentação de gado de leite, In: **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ, 2009. 568p.
36. GRUPO CELERE. IC 15.04 Projeção de Safra – Soja – Abril 2015. Disponível em <<http://celeres.com.br/ic15-04-projecao-de-safra-soja-abril-2015/>>. Acesso em: 06 mai 2015.
37. HALL M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 3226-3232, 2003.
38. HEDLEY, C. L. **Carbohydrates in grain legume seeds: improving nutritional quality and agronomic characteristics**. New York: CABI Publishing, 2001. 322p.
39. HINTZ, H. F. Fiber for horses. **Equine Practice**, v. 16, n. 6, p. 7-8, 1994.

40. HOFFMAN, R. M.; WILSON, J. A.; KRONFELD, D. S.; COOPER, W.L.; LAWRENCE, L. A.; SKLAN, D.; HARRIS, P. A. Hydrolizable carbohydrates in pasture, hay and horse feeds: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 500-506, 2001.
41. HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horse. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 270-276, 2009. Suplemento Especial.
42. HUGHES, S. J.; POTTER, G. D.; GREEN, L. N. et al. Adaptation of thoroughbred horses in training to a fat supplemented diet equine. **Equine Veterinary Journal**, v. 18, p. 349-352, 1995.
43. IPHARREGUERRE, I. R.; CLARK, J. H. Review: Soybean hulls for dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 86, p. 1052-1073, 2003.
44. JENKINS, D. J.; CYRIL, W. K.; LIVIA, S. A.; FRANCESCHI, S.; HAMIDI, M.; MARCHIE, A.; JENKINS, A. L.; AXELSEN, M. Glycemic index: overview of implications in health and disease. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 76 (suppl), p. 266-273, 2002.
45. JIMENEZ, D. L. Nutrição do cavalo de enduro: particularidades. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, n. 3, p. 160-164, 2012.
46. JONES, S. L.; SNYDER, J. R.; SPIER, S. Fisiologia do Intestino Grosso. In: REED, S. M.; BAYLY, W. N. **Medicina Interna Equina**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2000, p. 561-586.
47. JONES, E. W. Equine Nutrition, Glucose Clearance. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 23, n. 9, p. 412-413, 2003.
48. LAWRENCE, L. Nutrient needs of performance horses. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, p. 206-210, 2008.
49. LEWIS, L. D. **Nutrição Clínica Equina**. 1. ed. São Paulo: Rocca, 2000. 701p.
50. MARQUEZE, A.; KESSLER, A. M.; BERNARDI, M. L. Aumento do nível de óleo em dietas isoenergéticas para cavalos submetidos a exercício. **Revista Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 491-496, 2001.
51. MARTIN-ROSSET, W.; DULPHY, J. P. Digestibility interactions between forages and concentrates in horses: influence of feeding level - comparison with sheep. **Livestock Production Science**, v. 17, p. 263-276, 1987.
52. MEYER, H. **Alimentação de Cavalos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1995. 303p.
53. MCGOWAN, C. The role of insulin in endocrinopathic laminitis. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 28, n. 10, p. 603-607, 2008.

54. MCKEEVER, K. H.; GORDON, M. E. Endocrine alterations in the equine athlete. In: HINCHICLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine Exercise Physiology**, 1a. ed. Philadelphia: Saunders. 2008, p. 274-300.
55. MORGADO, E.; L, GALZERANO. A importância dos carboidratos na Alimentação dos Equinos. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 9, n. 10, outubro 2008. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008.html>>. Acesso em 19 out, 2014.
56. MORGADO, E.; L, GALZERANO. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 10, n. 7, julho 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617149009.html>>. Acesso em 07 fev, 2014.
57. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Horses**. 6. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007, 341p.
58. PAGAN, J. D.; HINTZ, H. F. Equine energetic II. Energy expenditure in horses during submaximal exercise. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 822-830, 1986.
59. PAGAN, J. D. **Forages for horses: More than just filler**. Kentucky Equine Research, Inc., Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2001a.
60. PAGAN, J. D. **Carbohydrates in equine nutrition**. In: Advance on equine nutrition I. Kentucky Equine Research, Inc., Versailles, Kentucky, USA, p. 29-41, 2001b.
61. PAGAN, J. D. Hindgut acidosis common in horses. **Feedstuffs**, v. 79, n. 31, p. 12 13, 2007.
62. POTTER, G. D.; ARNOLD, F. F.; HOUSEHOLDER, D. D. et al. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde Sonderheft**, Hanover, v. 1, p. 107-111, 1992.
63. QUADROS, J. B. S.; FURTADO, C. E.; BARBOSA, E. D.; ANDREADE, M. B.; TREVISAN, A. G. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de Tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 564-574, 2004.
64. QUADROS, A. R. B.; MOREIRA, I.; PAIANO, D. et al. Avaliação nutricional da casca de soja integral ou moída, ensilada ou não, para suínos em fase de crescimento. **Acta Scientiarum Animal**. v. 29, n. 1, p. 31-38, 2007.
65. RETORE, M.; SILVA, L.P.; TOLEDO, G. S. P.; ARAUJO, I. G. Efeito da fibra de co-produtos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1232-1240, 2010.
66. RICHARD, N.; HINCH, G. N.; ROWE, J. B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing Thoroughbred. **Australian Veterinary Journal**, v. 84, n. 11, p. 402-407, 2006.
67. RIBEIRO, R. M.; PASTORI, W. T.; GFAGUNDES, M. H. et al. Efeitos da inclusão de diferentes fontes de lipídeos e óleo mineral na dieta sobre a digestibilidade dos nutrientes e

- o níveis plasmáticos de gorduras em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1989-1994, 2009a.
68. RIBEIRO, L. B.; ARRUDA, A. M.; PEREIRA, E. S.; TONELLO, C. L. et al. Avaliação do consumo de nutrientes e água por equinos alimentados com dietas contendo diferentes subprodutos agroindustriais. **Revista da FZVA**, v. 16, n. 1, p. 120-133. 2009b.
69. RODIEK, A. V.; STULL, C. L. Glycemic Index of Ten Common Horse Feeds. **The Journal of Equine Veterinary Science**, v. 27, p. 205-211, 2007.
70. ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. Hematology and biochemistry. In: HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. **The athletic horse**. Philadelphia: W. B Saunders, 1994, p. 63-78.
71. SALES, J. A review on the use of indigestible dietary markers to determine total tract apparent digestibility of nutrients in horses. **Animal Feed Science Technology**, v. 174, p. 119-130, 2012.
72. SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.
73. SANTOS, J. W.; CABRAL, L. S.; ZERVOUDAKIS, J. T.; SOUZA, A. L.; ABREU, J. G.; BAUER, M. O. Casca de soja em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2049-2055, 2008.
74. SANTOS, T. M.; ALMEIDA, F. Q.; GODOI, F.N.; SILVA, V. P.; FRANÇA, A. B.; SANTIAGO, J. M.; SANTOS, C. S. Capacidade tamponante, pH e consistências das fezes em equinos submetidos a sobrecarga dietética com amido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1782-1788, 2009.
75. STICK, R. V.; WILLIAMS, J. S. **Carbohydrate: the sweet molecules of life**. 2. ed. Elsevier, 2009. 461p.
76. STULL, C. L.; RODIEK, A. V. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. **The Journal of Nutrition**, v. 118, n. 2, p. 206-213, 1998.
77. TEIXEIRA, J. C.; ANDRADE, G. A. Carboidratos na alimentação de ruminantes. In: Simpósio de Forragicultura e Pastagem. Lavras, 2001. **Anais...**: Lavras: UFLA-FAEPE, p.165-210, 2001.
78. TOLEDO, G. S.; EGGERSI, D. P.; SILVA, L. P.; PACHECO, P. S. KLINGER, A. K.; CAPITANIO, J. R.; SHIMIDT, T.; ORTIZ, J. Casca de soja em substituição ao feno de alfafa em dietas fareladas para coelhos em crescimento. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1896-1900, 2012.
79. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implication in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.



80. VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
81. VERVUERT, I.; COENEN, M. Glycaemic index of feeds for horse. In: Digestion of carbohydrates and metabolic responses. **Equine Nutrition Conference Hannover**, 2005.
82. VERVUERT, I.; COENEN, M. Effect of mixing dietary fibre (purified lignocellulose or purified pectin) and corn meal on glucose and insulin responses in healthy horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, n. 93, p. 331-338, 2008.

## **2. HIPÓTESE**

A substituição parcial de concentrado pela casca de soja na dieta de equinos atletas irá aumentar a digestibilidade dos nutrientes, reduzir a resposta glicêmica pós-prandial e manter o pH fecal fisiológico dentro da normalidade.

## **3. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a substituição de níveis crescentes de concentrado peletizado por casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício de intensidade moderada.

### **3.1 Objetivos Específicos**

- Avaliar a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não estruturais, carboidratos não hidrolisáveis, carboidratos rapidamente fermentáveis, carboidratos lentamente fermentáveis e energia digestível de dietas com diferentes níveis de substituição por casca de soja, fornecidas a equinos em exercício moderado;
- Avaliar as características das fezes por meio da mensuração do pH fecal e observação macroscópica de sua consistência e coloração.
- Avaliar as concentrações plasmáticas de glicose pós-prandial com ênfase na concentração máxima (pico) e respectivo tempo para atingir o referido pico.
- Verificar se dietas contendo casca de soja são apropriadas para nutrição de cavalos em exercício moderado e determinar o melhor nível de substituição desta fonte de fibra na dieta.

## **CAPITULO 1: Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado.**

### **1.1. RESUMO**

BORGHI, Roseli Teresinha. **Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado**. Sergipe: UFS, 2015. 62p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia)

O objetivo da autora deste trabalho foi avaliar a influência da inclusão de casca de soja (CS) na digestibilidade aparente, características físico-químicas das fezes e resposta glicêmicas pós-prandial de equinos submetidos a exercício de intensidade moderada. Foram utilizados cinco equinos com idade de  $11 \pm 2$  anos e peso médio de  $455 \pm 23$  kg. Os tratamentos foram: substituição do concentrado por 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de CS (Kg/Kg). O período experimental teve duração de 50 dias, divididos em cinco períodos de 10 dias cada, sendo 7 dias de adaptação à dieta e 3 dias de coleta total de fezes. Realizou-se análises bromatológicas dos alimentos e das amostras compostas de fezes para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes. As avaliações das características das fezes compreenderam consistência, coloração e pH. Para o teste glicêmico foram coletados 5 mL de sangue cerca de 30 minutos antes, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos após administração da casca de soja homogeneizada ao concentrado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em quadrado latino (5x5). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Os resultados demonstraram que não houve efeitos ( $P>0,05$ ) dos níveis de substituições do concentrado pela casca de soja sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos não estruturais, hemicelulose, energia bruta e carboidratos rapidamente fermentáveis; porém, observaram-se diferenças estatísticas significativas ( $P<0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido e carboidratos lentamente fermentáveis, com aumento para os níveis de 30% e 40% de substituição e queda no coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos hidrolisáveis ao nível de 40% de substituição. Quanto à consistência e coloração, 100% dos equinos apresentaram fezes normal (escore 3) e esverdeada. Não houve diferenças estatísticas para o valor de pH com média de 6,34. O pico de glicose, tempo de pico e área abaixo da curva glicêmica não foram influenciados ( $P<0,05$ ) pelos níveis crescentes de casca de soja na dieta. Conclui-se que a casca de soja pode ser substituída em 30% e 40% proporcionando aumento na digestibilidade aparente da fração fibrosa, sem causar alterações nas características físico-químicas das fezes e nas respostas glicêmicas de equinos submetidos a exercício moderado.

**Palavras chaves:** carboidratos fermentáveis, coproduto da soja, digestibilidade aparente, glicemia.

## 1.2. ABSTRACT

BORGHI, Roseli Teresinha. **Casca de soja na dieta de equinos submetidos a exercício moderado**. Sergipe: UFS, 2015. 62p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia)

The author of the present work aimed at evaluating the influence of the inclusion of soybean hull (SH) upon the apparent digestibility, the physical-chemical characteristics of feces and the postprandial glycemic responses of horses submitted to moderate-intensity exercise. Five horses were used, aging  $11 \pm 2$  years old and weighing  $483 \pm 18$  kg. The diets consisted of 60% of Tifton 85 hay (*Cynodon spp*) and 40% of a pelletized commercial concentrate. The treatments were: substitution of the concentrate for 0%, 10%, 20%, 30% and 40% of SH (Kg/Kg). The experimental period lasted 50 days, being 5 ten-day periods: 7 days for the adaptation to the diet and 3 days of total feces collection. Bromatological analyses of both the foods and of the feces samples were performed for the determination of the apparent digestibility coefficients of the nutrients. The evaluation of the characteristics of the feces comprehended consistency, coloration and pH. For the glycemic tests, 5 mL of blood was collected around 30 minutes before, and 30, 60, 90, 120, 180, 240 and 300 minutes after the administration of the soybean hull homogenized to the concentrate. The experimental delineation used was entirely casualized in Latin square (5x5). For the statistical analyses, the data were submitted to variance analysis. The means were compared with Tukey's test at 5% of significance. The result demonstrated that there were no effects ( $P > 0.05$ ) of the substitution levels of the concentrate for the soybean hull over the apparent digestibility coefficient of dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, nonstructural carbohydrates, hemicellulose, rapidly fermented carbohydrate and energy. However, significant statistical differences were observed ( $P < 0.05$ ) for the apparent digestibility coefficient acid detergent fiber and slowly fermented carbohydrate, with better results for the 30% and 40% substitution levels and a drop in hydrolysable carbohydrate at the 40% level of substitution. Regarding the consistency and coloration, 100% of the horses produced normal (score 3) green-colored feces. There were no statistical differences for the pH value, with means of 6.34. The glucose peak and the area below the glycemic curve were not influenced ( $P < 0.05$ ) by the increasing levels of soybean hull in the diet. It is concluded that the soybean hull can be replaced in 30% and 40%, thus allowing the increase in the apparent digestibility of the fibrous fraction, without causing alterations to the physical-chemical characteristics of both the feces and the glycemic responses of horses undergoing moderate-intensity exercises.

**Key-words:** apparent digestibility, coproduct, fermentable carbohydrates, glycemia

### 1.3. INTRODUÇÃO

Por serem herbívoros monogástricos com ceco-colon funcionais os equinos aproveitam de maneira eficiente os nutrientes da fibra. Microrganismos localizados no intestino grosso, como bactérias e protozoários, realizam a fermentação dos carboidratos fibrosos (celulose, hemicelulose e pectina) liberando como produto final de seu metabolismo os ácidos graxos de cadeia curta: acético, butírico e propiônico, que serão absorvidos pela parede intestinal e aproveitados como fonte de energia pelo equino.

Equinos destinados às práticas desportivas possuem demandas nutricionais acima das de manutenção, por isso a utilização de alimentos de alta densidade nutricional torna-se indispensável na formulação de uma dieta condizente à atividade física realizada por estes animais. Entretanto, devido às particularidades anatômicas e fisiológicas do sistema digestório equino, deve-se buscar um nível seguro de inclusão do concentrado para que não ocorram graves transtornos gastrointestinais e metabólicos.

Alguns estudos epidemiológicos e experimentais citam o manejo nutricional inadequado e dietas contendo grandes quantidades de carboidratos hidrolisáveis e pequenas quantidades de fibras como os principais fatores de risco para ocorrência principalmente de cólica em equinos e laminites.

Considerando a necessidade dos equinos quanto a ingestão de fibra dietética, a casca de soja, apresenta em sua composição química atributos favoráveis à saúde do trato gastrointestinal dos equinos. Por ser rica em pectina, apresentar celulose e hemicelulose pouco lignificada sua digestibilidade é superior quando comparada às forragens tradicionais. A pectina é um polissacarídeo não amiláceo de fermentação rápida que favorece a produção de ácidos graxos voláteis com exceção do ácido láctico, além de apresentar características importantes quanto à solubilidade, viscosidade, higroscopicidade e capacidade tamponante, as quais podem influenciar positivamente nos efeitos fisiológicos e metabólicos dos equinos.

Neste sentido a substituição de concentrado por casca de soja em níveis crescentes para equinos atletas pode influenciar de maneira positiva a digestibilidade dos nutrientes, bem como não ocasionar oscilações acentuadas na glicemia pós-prandial, para tanto faz-se necessário estudo acerca deste coproduto e suas respostas quando incluído na dieta de equinos submetidos a exercício de intensidade moderada.

## **1.4. MATERIAIS E MÉTODOS**

A execução do projeto foi aprovada pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFS conforme processo nº 23113.002421/2014-15.

### **1.4.1 Local do Experimento**

O experimento foi realizado no Esquadrão da Polícia Montada do Estado de Sergipe, localizada em Aracaju/SE, entre os meses de maio a julho de 2014.

### **1.4.2. Delineamento Experimental**

O Delineamento Experimental foi em Quadrado Latino (5 x 5) em que foram avaliadas a digestibilidade aparente dos nutrientes, características físico química das fezes, bem como as respostas glicêmicas pós-prandial dos cinco tratamento repetidos no tempo.

O período experimental teve duração de 50 dias, sendo cinco períodos de 10 dias cada um (sete dias de adaptação á dieta, três dias de coleta total de fezes).

### **1.4.3. Tratamentos**

Os tratamentos foram compostos por cinco dietas experimentais a partir de uma dieta referência formulada para cavalos em exercício de intensidade moderada, elaborada com base nas recomendações do NRC (2007) de maneira a suprir as exigências nutricionais desta categoria.

A relação entre concentrado e volumoso foi mantida na proporção de 35% e 65%, respectivamente considerando 2% de ingestão de matéria seca com base no peso corporal médio de 455 kg dos animais. O alimento volumoso oferecido foi feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*) e o alimento concentrado foi constituído por ração comercial peletizada recomendada para equinos adultos em trabalho (NUTRIEQUI PMSE 15.6, Guabi® Nutrição Animal, Campinas/SP).

A dieta controle foi constituída pelo concentrado comercial e feno, a partir dela, foram realizadas substituições parciais (Kg/Kg) do concentrado por 10%, 20%, 30% e 40% de casca de grão de soja, totalizando quatro níveis de substituição e uma dieta controle (sem inclusão de casca de soja).

As quantidades na matéria natural de Tifton 85, concentrado comercial e casca de soja oferecida aos animais nos diferentes tratamentos podem ser observadas na TABELA 1.

**TABELA 1** – Quantidade (Kg de matéria seca) de Tifton 85 (*Cynodon spp*), concentrado comercial e casca de soja oferecidos diariamente aos equinos.

Alimento (kg/MS)	Níveis de substituição por casca de soja				
	0%	10%	20%	30%	40%
Tifton 85	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
<sup>1</sup> Concentrado	3,06	2,75	2,44	2,13	1,82
<sup>2</sup> Casca de soja	0	0,31	0,62	0,93	1,24
<b>Total</b>	<b>9,20</b>	<b>9,20</b>	<b>9,20</b>	<b>9,20</b>	<b>9,20</b>

<sup>1</sup> NUTRIEQUI PMSE 15.6, Guabi<sup>®</sup> Nutrição Animal (Campinas/SP).

<sup>2</sup> Cooperativa Mista de Produtores Rurais do Sudoeste Goiano – COMIGO.

Os animais receberam o alimento concentrado em duas refeições diárias (metade às 06:00h e a outra metade às 14:00h) e o alimento volumoso em três refeições diárias (1/3 do total às 08:00h, 1/3 às 13:00h e o restante às 17:00h). A casca de soja foi homogeneizada ao alimento concentrado antes de ser oferecida aos animais. Água e sal mineral foram oferecidos à vontade para todos os animais

#### 1.4.4. Animais e Instalações

Os animais foram mantidos em baias individuais de alvenaria com piso de concreto revestido com borracha onde receberam o alimento concentrado e volumoso em cochos de alvenaria e bebedouros automáticos. As baias possuíam dimensão de 4 metros de largura por 4 metros de comprimento totalizando uma área de 16 m<sup>2</sup>, pé direito com 3 metros de altura e telhado em telha cerâmica.

Foram utilizados cinco equinos, machos castrados, sem raça definida com peso corporal médio de 455 ± 23 kg e idade aproximada de 11 ± 2 anos. Todos os animais foram submetidos à exame clínico prévio de modo que assegurassem seu estado de hígidez. Realizou-se controle de endo e ectoparasitas antes do início da fase experimental.

O protocolo de treinamento dos animais seguiu o padrão adotado pelo Esquadrão da Polícia Montada da Polícia Militar do Estado de Sergipe. As atividades físicas foram desenvolvidas sempre no período da manhã e consistia em um aquecimento ao passo (10 minutos), trote (10 minutos) e galope (10 minutos) seguido por treinamento específico de salto (20 minutos) realizado em uma pista de areia contendo obstáculos com cerca de 1,00m de

altura. Este protocolo de treinamento era realizado três vezes por semana, sempre com o mesmo conjunto (cavalo e cavaleiro).

#### **1.4.5. Análises bromatológicas dos alimentos**

As análises bromatológicas dos alimentos e do volumoso foram determinadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe. A determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e energia bruta (EB), as quais foram analisadas conforme metodologias descritas em Silva; Queiroz (2009). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas conforme metodologia de Van Soest (1991) descritas por Silva; Queiroz (2009).

Para determinação das diferentes frações de carboidratos adotou-se a metodologia proposta por Hoffman (2001). Os carboidratos hidrolisáveis (CHO-H) foram determinados pelo método DNS (ácido dinitrosalicílico) conforme descrito em Maldonade et al. (2013).

Os carboidratos não estruturais (CNE) foram estimados pela fórmula:  $CNE = [100 - (PB + EE + MM + FDN)]$ . Os carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) foram estimados pela diferença entre CNE e CHO-H. Já os carboidratos lentamente fermentáveis (CHO-LF) corresponderam a fração determinada através da FDN.

A composição química, com base na matéria seca do concentrado, casca de soja e feno estão apresentados na TABELA 2 e a composição química das dietas experimentais totais estão apresentadas na TABELA 3.



**TABELA 2** - Composição química (%) dos componentes da dieta oferecidos diariamente aos equinos com base na matéria seca

Nutriente (%)	Alimentos		
	Concentrado <sup>1</sup>	Casca de Soja <sup>2</sup>	Feno de Tifton 85
Matéria Seca	87,38	89,53	81,84
Matéria Orgânica	90,68	94,79	91,27
Proteína Bruta	14,06	12,37	9,55
Extrato Etéreo	6,06	4,59	2,33
Matéria Mineral	9,32	4,52	6,82
FDA	9,79	44,42	56,74
Hemicelulose	19,79	23,93	19,38
CNE	40,98	10,17	5,17
CHO-H	32,75	2,81	1,20
CHO-RF	8,23	7,37	3,97
<sup>3</sup> CHO-LF	29,58	68,35	76,12
EB (kcal/kg)	3996	4083	3931

<sup>1</sup> NUTRIEQUI PMSE 15.6, Guabi® Nutrição Animal (Campinas/SP).

<sup>2</sup> Cooperativa Mista de Produtores Rurais do Sudoeste Goiano – COMIGO.

<sup>3</sup> FDN representada pelos valores de CHO-LF.

**TABELA 3** – Composição química (%) da dieta total com relação volumoso/concentrado de 65:35, com base na matéria seca

Nutrientes (%)	Níveis de substituição por casca de soja				
	0%	10%	20%	30%	40%
Matéria Seca	84,06	84,14	84,23	84,31	84,40
Matéria Orgânica	91,03	91,20	91,36	91,53	91,69
Proteína Bruta	11,36	11,29	11,22	11,15	11,08
Extrato Etéreo	3,83	3,77	3,71	3,65	3,59
Matéria Mineral	7,82	7,63	7,44	7,24	7,05
FDA	37,96	39,34	40,73	42,11	43,50
Hemicelulose	19,54	19,71	19,88	20,04	20,21
CNE	19,50	18,26	17,03	15,80	14,57
CHO-H	13,82	12,62	11,42	10,23	9,03
CHO-RF	5,68	5,64	5,61	5,57	5,54
<sup>1</sup> CHO-LF	57,50	59,05	60,60	62,16	63,71
EB (kcal/kg)	3957	3960	3964	3967	3971

<sup>1</sup>FDN representada pelos valores de CHO-LF.

#### 1.4.6 Ensaio de Digestibilidade

O ensaio de digestibilidade constituiu-se de sete dias de adaptação a dieta e três dias ininterruptos de coleta total de fezes. Realizou-se diariamente a pesagem do alimento concentrado, casca de soja e volumoso. As sobras de volumoso foram pesadas somente nos dias de coleta para cálculo da ingestão real, as quais eram retiradas quinze minutos antes da refeição subsequente para pesagem.

Para diminuição do estresse pelo confinamento durante as coletas de fezes os animais foram exercitados em redondel com cabresto e guia longa, desmontados, por cerca de 30 minutos diários.

No período de coleta total, as fezes foram coletadas imediatamente após excreção sobre o piso. Ao final de cada dia de coleta as fezes foram pesadas e homogeneizadas com posterior subtração de uma alíquota de 15%, correspondendo às subamostras, as quais foram acondicionadas em sacos plástico, identificadas e congeladas em freezer (-10°C) para análises laboratoriais posteriores.

Após término da fase experimental as subamostras foram descongeladas a temperatura ambiente e homogeneizadas, a fim de constituírem a amostra composta. A partir da amostra composta retirou-se aproximadamente 500g de matéria fecal destinada aos procedimentos de análises laboratoriais.

As amostras compostas foram pesadas antes e após seu acondicionamento em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, as amostras compostas foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1mm e acondicionados em recipientes plásticos devidamente identificados.

As amostras compostas de fezes foram submetidas às mesmas análises bromatológicas descritas no item 1.4.5.

Os dados obtidos após análises laboratoriais foram utilizados para o cálculo do Coeficiente de Digestibilidade Aparente (CDa) dos nutrientes, conforme equação matemática descrita por Andriguetto (1981) e demonstradas abaixo:

$$CDa(\%) = \frac{[Nutriente_{Ingerido} - Nutriente_{Fezes}] \times 100}{[Nutriente_{Ingerido}]}$$

Para o cálculo de Energia Digestível Aparente (EDa) foi utilizada a fórmula descrita por Oliveira et al. (2002):

$$EDa \text{ (Kcal/Kg)} = \frac{[ EBC - EBF ]}{MSC}$$

Onde, MSC corresponde ao total de Matéria Seca Consumida por dia; EBC a Energia Bruta Consumida e EBF a Energia Bruta das Fezes.

#### 1.4.7 Avaliação do pH, consistência e coloração das fezes

Para determinação do pH fecal foram coletadas 50 g das primeiras fezes do dia com auxílio de saco plástico, imediatamente após excreção durante três dias consecutivos, seguindo o mesmo cronograma do ensaio de digestibilidade. Ato contínuo, cada amostra de fezes foi diluída em 50 mL de água destilada na proporção de 1:1 (peso:volume), cuja solução foi submetida a mensuração do pH com o auxílio de um pHmetro<sup>1</sup> de acordo com metodologia desenvolvida por Berg et al. (2005).

Para avaliação da consistência fecal foram adotados escores variando de 1 a 5, sendo 1 = fezes extremamente secas; 3 = fezes normais e 5 = fezes diarreica (Berg et al., 2005). Quanto à coloração das fezes, as mesmas foram classificadas em esverdeada (normal), avermelhadas, negras e amareladas, para tanto, as fezes de cada equino foram cuidadosamente sobrepostas em plástico azul e fotografadas conforme metodologia descrita em Godoi et al. (2009).

#### 1.4.8 Determinação da glicemia

O processo de coleta de sangue ocorreu após tricotomia, preparação asséptica e venocateterização<sup>2</sup> da jugular dos animais. Para a facilitação das coletas de sangue, foi acoplado ao cateter um tubo extensor<sup>3</sup>. Cinco mililitros de sangue foram coletados em tubos a vácuo<sup>4</sup> contendo fluoreto de sódio para as dosagens glicêmicas. Após cada coleta, o cateter e o tubo extensor foram lavados com solução salina e antes da coleta subsequente, 5 mL de sangue foram retirados e desprezados para então realizar a coleta da amostra que foi efetivamente analisada.

As coletas de sangue para determinação da glicemia ocorreram imediatamente após o término do período da coleta total de fezes. Os momentos de coleta foram: 30 minutos antes,

<sup>1</sup> marca pHMETER, modelo W3B, fabricante Bel Equipamentos Analíticos Ltda

<sup>2</sup> Catter Insyte™ 14<sub>GA</sub> X 1,75<sub>IN</sub> – 2,1 X 45mm – 330ml/min – BD®.

<sup>3</sup> 10 Fr5 x 60 cm BD®.

<sup>4</sup> Vacutainer Sy

30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos após o fornecimento das dietas experimentais, conforme metodologia descrita por Rodiek; Stull, (2007). Os animais não receberam nenhum outro alimento enquanto as coletas de amostras de sangue não foram finalizadas.

As amostras coletadas em cada período foram imediatamente centrifugadas (10 minutos, 1073G) para retirada de 2 ml de plasma sanguíneo por meio de pipetagem. Este material foi acondicionado em microtubos devidamente identificados e armazenado em freezer (-10°C) para análises laboratoriais posteriores. As concentrações de glicose plasmática foram determinadas com auxílio de Analisador Bioquímico<sup>5</sup>, utilizando reagente Glicose Liquiform<sup>6</sup>, por meio de método enzimático colorimétrico.

#### 1.4.9 Análises Estatísticas

O modelo estatístico adotado para as análises dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foi:  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$ , em que:  $Y_{ijk}$  = valor do coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes referente a cada indivíduo (j) no período (i) submetido a ingestão de cada dieta (k); constante geral;  $\mu$  = efeito dos períodos, sendo i=1, 2, 3, 4 e 5;  $\alpha_j$ , efeito dos animais, sendo j=1,2,3,4 e 5;  $\gamma_k$  = efeito do tratamento, sendo k=0%, 10%, 20%, 30% e 40% de substituição de concentrado por casca de soja;  $\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório inerente a cada observação.

A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância. As diferenças estatísticas significativas foram submetidas a comparações pelo teste Tukey. As análises estatísticas foram realizadas no programa computacional Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>, v. 9.1) e considerou-se 5% para o nível de significância.

Para o teste glicêmico foram calculadas as médias das concentrações plasmáticas de glicose, pico das respostas plasmáticas de glicose e tempo dos picos de glicose. As médias das concentrações plasmáticas de glicose foram analisadas pela metodologia da área abaixo da curva trapezoidal (AAC) considerando os tempos de coleta basal e pós-prandial (30 a 300 minutos) conforme equação matemática descrita abaixo:

$$AAC = \sum_{i=1}^k \left( \frac{C_{i-1} + C_i}{2} \right) \times (t_i - t_{i-1})$$

<sup>5</sup> Thermo Plate, TP Analyzer Basic ®

<sup>6</sup> Glicose Liquiform®, Labtest Diagnóstico SA, Lagoa Santa (MG), Brasil

Em que  $C_0, C_1, \dots, C_k$ , representou as médias das concentrações plasmáticas de glicose obtidas nos tempos de coleta  $t_0, t_1, \dots, t_k$ , respectivamente. O método dos trapézios foi aplicado para cada um dos intervalos  $(t_0, t_1); (t_1, t_2), \dots, (t_{k-1}, t_k)$  com a finalidade de ajustar um segmento de reta aos pontos  $(t_{i-1}, C_{i-1})$  e  $(t_i, C_i)$  e permitir o somatório de todas as áreas trapezoidais definidas abaixo da curva.

As médias das concentrações plasmáticas de glicose foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey. O nível de significância adotado para as análises estatística foi de 5%.

## 1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.5.1. Consumo Total de MS e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes

O consumo diário total de MS, assim como o peso vivo dos animais, não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os diferentes níveis de substituição de concentrado por casca de soja (TABELA 4).

O peso médio inicial dos animais mensurados previamente ao início do experimento foi de 455 Kg e o peso médio final após seu término foi de 470 Kg demonstrando que todos os animais mantiveram seu peso corporal durante o experimento, independentemente das proporções de casca de soja utilizadas na dieta, corroborando com Quadros et al. (2004).

**TABELA 4** – Valores médios do consumo total de MS (CTMS), peso vivo (PV) e ingestão de matéria seca (IMS) em relação ao peso vivo.

Variáveis	Níveis de inclusão de casca de soja					<sup>1</sup> P	<sup>2</sup> EP	<sup>3</sup> CV
	0%	10%	20%	30%	40%			
CTMS (Kg)	6,69	6,80	6,89	6,98	7,27	0,893	0,422	13,6
PV (kg)	455	453	467	478	473	0,998	11,83	5,7
IMS (%PV)	1,47	1,50	1,48	1,46	1,57			

<sup>1</sup>P = valor de P.

<sup>2</sup>EP = erro padrão da média.

<sup>3</sup>CV = coeficiente de variação.

A ingestão da casca de soja não limitou o consumo alimentar dos equinos, semelhantemente ao observado por Arruda et al. (2009), o que indicou que as características sensoriais deste coproduto não ocasiona efeitos indesejáveis no comportamento ingestivo dos equinos.

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EE, CNE e HEM não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela adição de casca de soja na dieta, porém, houve diferenças estatísticas significativas ( $P<0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade do CHO-LF e FDA, que aumentaram com a inclusão de casca de soja, e coeficiente de digestibilidade do CHO-H, que diminuiu em dietas no nível máximo de substituição (Tabela 5).

**TABELA 5** - Média dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDaMS), matéria orgânica (CDaMO), proteína bruta (CDaPB), extrato etéreo (CDaEE), fibra em detergente ácido (CDaFDA), hemicelulose (CDaHEM), carboidratos não estruturais (CDaCNE), carboidratos lentamente fermentáveis (CDaC-LF), carboidratos rapidamente fermentáveis (CDaC-RF), carboidratos hidrolisáveis (CDaC-H) e energia bruta (CDaEB).

Coeficientes	Níveis de substituição por casca de soja					Médias	<sup>2</sup> P	<sup>3</sup> EP	<sup>4</sup> CV
	0%	10%	20%	30%	40%				
CDaMS	57,07	58,04	52,96	52,08	51,02	54,23	0,1445	1,7119	13,64
CDaMO	57,96	60,88	58,14	60,02	60,50	59,36	0,7441	1,6618	6,26
CDaPB	70,53	70,46	70,27	68,88	67,44	69,51	0,3570	1,2207	6,89
CDaEE	72,92	74,17	76,62	75,46	75,50	74,94	0,1530	2,8271	7,84
CDaFDA	46,26 <sup>a</sup>	56,30 <sup>a</sup>	54,74 <sup>a</sup>	61,33 <sup>b</sup>	62,25 <sup>b</sup>	56,17	0,0156*	2,2646	9,01
CDaHEM	58,78	56,13	57,64	59,83	64,43	59,36	0,4222	3,0904	11,67
CDaCNE	84,83	83,30	81,88	77,04	80,02	81,41	0,4383	3,0166	8,28
<sup>1</sup> CDaC-LF	47,17 <sup>a</sup>	52,96 <sup>a</sup>	50,12 <sup>a</sup>	55,50 <sup>b</sup>	57,29 <sup>b</sup>	52,61	0,0356*	1,6282	6,92
CDaC-RF	66,14	61,50	60,36	60,03	70,58	63,90	0,7416	6,4087	22,42
CDaC-H	94,61 <sup>a</sup>	93,97 <sup>a</sup>	93,63 <sup>a</sup>	92,62 <sup>a</sup>	91,07 <sup>b</sup>	93,18	0,0014*	0,4638	1,11
CDaEB	55,65	57,97	57,90	58,40	58,95	57,86	0,2926	1,2366	4,78

<sup>1</sup>Carboidratos lentamente fermentáveis representados pelos teores de FDN.

<sup>2</sup>P = valor de P.

<sup>3</sup>EP = erro padrão da média.

<sup>4</sup>CV = coeficiente de variação.

\* P < 0,05.

A espécie equina possui limitações fisiológicas quanto à digestão de grandes quantidades de amido presente nos alimentos concentrados (grãos de cereais e concentrados comerciais) e excesso na ingestão desta fração amilácea pode desencadear distúrbios gastrointestinais e metabólicos, ademais particularidades anatômicas do TGI exigem uma dieta rica em fibras.

Considerando tais pressupostos inerentes a espécie equina, a não observância de diferenças na maioria dos coeficientes de digestibilidade estudados indicam ausência de efeitos deletérios, e representam benefícios com a inclusão de casca de soja na dieta de equinos pois, ao mesmo tempo em que reduziu a participação dos CHO-H como fonte de energia, aumentou o aproveitamento da fibra sem causar prejuízos no aproveitamento dos nutrientes da dieta.

O CDaMS e CDaMO não foram influenciados pelos níveis crescentes de casca de soja na dieta ( $P>0,05$ ) e apresentaram valores em concordância com outras pesquisas que também avaliaram alimentos alternativos para equinos, encontrando valores variando entre 52,5% a 83,7% (CORVERDALE et al., 2004; MORGADO et al., 2009; SILVA et al., 2009; ARRUDA et al., 2009; BRANDI et al., 2014).

A dieta experimental foi baseada em uma relação volumoso:concentrado de 65:35 (feno de tifton), com substituição da fração concentrada por casca de soja, diferentemente de outras pesquisas que utilizaram a casca de soja como um substituto do componente forrageira da dieta, com substituição em até 100% do feno de tifton (Quadros et al., 2004) ou até 75% de uma mistura de duas espécies forrageiras (alfafa/capim bermuda) por Coverdale et al. (2004). A distribuição das diferentes frações de carboidratos fibrosos e não fibrosos, bem como a relação volumoso:concentrado, são fatores determinantes que podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes, pois os autores supracitados encontraram valores superiores nos CDaMS da dieta em comparação ao presente estudo.

Outra possível justificativa para os dados de CDaMS serem inferiores em relação a literatura supracitada, foi a categoria animal utilizada e a intensidade de exercício realizado. De acordo com Pagan (1998) e Lindberg et al. (2006), equinos submetidos a exercícios de intensidade leve a moderada apresentam aumento na taxa de passagem, redução no tempo de retenção e diminuição no fluxo sanguíneo do trato digestório resultando em uma sensível redução na digestibilidade da MS principalmente das forragens.

Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) sobre os CDaPB digestibilidade da PB, independentemente dos níveis de substituição avaliados. O CDaPB médio foi de 69,51%, em concordância com demais pesquisas envolvendo inclusão de fibras de fácil fermentação, ricas em pectina, na dieta de equinos, cujos autores encontraram valores médios



de 72,69%, 68,30%, 65,02%, 64,74%, respectivamente (QUADROS et al., 2004; COVERDALE et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2002; BRANDI et al., 2014).

A concentração de PB da casca de soja utilizada foi 124g/kg de MS, dos quais apenas 7,53% de compostos nitrogenados encontraram-se indisponíveis na forma de nitrogênio complexado à parede celular (NIDN). Os resultados de CDaPB da presente pesquisa em concordância com valores obtidos em experimentos testando fontes proteicas tradicionalmente utilizadas na alimentação equina, como farelo de soja (66,40% - ALMEIDA et al., 1998) e de canola (63,27% - OLIVEIRA & FURTADO, 2001), refletem um aspecto qualitativo da proteína bruta contida na casca da soja, quanto a disponibilidade, natureza e presença de peptídeos e aminoácidos complexados ou não à parede celular (VAN SOEST, 1994).

Não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para CDaEE que apresentou valor médio de 74,94%. A falta de diferenças estatísticas para o CDaEE pode estar relacionada a composição química desse parâmetro na casca de soja utilizada (4,59%), semelhante a concentração de EE presente no concentrado comercial utilizado nas dietas experimentais (6,06%). Apesar da substituição parcial do concentrado por até 40% de casca de soja, foi possível manter constante a quantidade de lipídeos presente no intestino delgado e, conseqüentemente, estimular a produção de bile e lipase pancreática necessárias ao processo de digestão e absorção deste nutriente (JANSEN et al., 2000; KRONFELD et al., 2004).

Os resultados referentes aos CDaEE observados na presente pesquisa corroboram com aqueles reportados por Braga et al. (2008) de 76,88% e 79,21% para dietas contendo 35% de FDN e por Ribeiro et al. (2009a) de 77,72% para dieta controle contendo 25% de soja extrusada. ARRUDA et al. (2009) reportaram CDaEE de 78,86% para dieta contendo resíduo de soja e 53,79% para dieta contendo casca de soja, sendo este último inferior aos valores encontrados nesta pesquisa.

Com relação aos efeitos sobre a digestibilidade da fibra, a fração lipídica na dieta equina não afeta a digestibilidade dos constituintes da parede celular por não interferir nos processos fermentativos no intestino grosso (BRAGA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009a) fato este observado nesta pesquisa, já que a mistura de concentrado comercial e casca de soja continham teores de EE variando entre 3,59% a 3,83% (TABELA 3), sem que houvesse efeitos deletérios sobre a digestibilidade da fração fibrosa.

O CDaCNE não variou entre os tratamentos, apresentando média de 81,41%. Morgado et al. (2009) encontraram CDaCNE variando entre 75,0% e 99,0% utilizando diferentes espécies forrageiras (alfafa, amendoim, desmódio, estilosantes, guandu, macrotiloma e coastcross) como

fontes de alimento volumoso. Brandi et al. (2014) encontrou média de 90,34% para o mesmo coeficiente utilizando polpa cítrica incluída no concentrado.

Os CNE são representados pelo amido, monossacarídeos, dissacarídeos e substâncias pécticas (HOFFMAN et al., 2000). Fenos de gramíneas e casca de soja são considerados alimentos pobres em amido, o oposto se observa nas rações comerciais. Neste estudo foi possível constatar que apesar da redução na ingestão de polissacarídeos amiláceos, em virtude do aumento no aporte de PNA (celulose, hemicelulose e pectina) proporcionado pela introdução de casca de soja na dieta, não houve efeito negativo sobre o CDaCNE, já que sua absorção, com exceção das substâncias pécticas, ocorre no intestino delgado sob ação enzimática.

Mesmo ocorrendo uma diluição na quantidade de amido ingerido e avaliando os demais coeficientes de digestibilidade dos CHO estruturais, pode-se inferir que a fermentação é uma importante via geradora de energia aos equinos além da enzimática (BRANDI; FURTADO, 2009), assim como uma redução na ingestão de concentrado colabora é capaz de manter a dieta dentro dos limites críticos de ingestão de amido recomendados pela literatura. Pesquisadores alertam sobre a reduzida capacidade dos equinos em produzir enzima alfa amilase, daí recomendarem um limite seguro de ingestão de amido entre 2 a 4g/Kg de PV por refeição (POTTER et al., 1992; VERVUERT; COENEN, 2009).

A busca por fontes de fibra de alta digestibilidade que permitam uma diminuição na inclusão do amido nas dietas, tornando-as mais seguras, é uma linha de pesquisa que está em franca expansão na área de nutrição de equinos atletas (GEOR, 2007).

Os CDaHEM e CDaC-RF não foram diferentes entre os tratamentos. Entretanto, os coeficientes de digestibilidade aparente da FDA e CHO-LF foram maiores nas dietas contendo 30% e 40% de casca de soja. Quando comparado ao tratamento controle, foi observada uma elevação percentual na ordem 33% e 35% para o CDaFDA e um aumento de 18% e 21% para o CDaC-LF, respectivamente nos tratamentos com 30% e 40% de inclusão de casca de soja. Estes resultados evidenciaram uma melhora na digestibilidade da fração dos carboidratos lentamente fermentáveis das dietas experimentadas.

A eficiência de aproveitamento das fibras dietéticas na dieta dos equinos correlaciona-se com a composição da dieta, principalmente a relação entre carboidratos estruturais e não estruturais; atividade fibrolítica e taxa de passagem, principalmente nos sítios fermentativos, sendo que o aumento da digestibilidade das fibras está associado ao maior tempo de retenção da digestas nestes compartimentos (DROGOUL et al., 2001).

Um argumento que pode nortear a compreensão desses resultados pode ser a relação entre carboidratos não estruturais e carboidratos lentamente fermentáveis, que nas dietas experimentais variou de 1,4 (controle) para 0,64 (40% de casca de soja), conforme valores bromatológicos apresentados na TABELA 3. A inclusão de casca de soja elevou a concentração das fibras fermentescíveis, que, por sua vez, pode alterar a viscosidade da digesta em função de uma maior retenção de água. Consequentemente, há uma redução no trânsito da digesta pelo trato gastrointestinal, principalmente devido as substâncias pécticas presentes na casca de soja, ocasionando aumento no tempo de retenção da ingesta na região cecocólica e aumento nos processos fermentativos realizados pelos microrganismos fibrolíticos (VAN SOEST, 1994; PAGAN, 2007).

Adicionalmente, a substituição de 30% e 40% de concentrado por casca de soja permitiu um aumento de 40% e 54% dos carboidratos lentamente fermentáveis (celulose e hemicelulose) na porção concentrada da dieta, refletindo em maiores quantidades de fibras ingeridas, além de proporcionar redução na ingestão de carboidratos hidrolisáveis (amido). Isso promoveu benefícios na eficiência de utilização dos alimentos, haja visto que os concentrados comumente formulados para equinos utilizam grandes quantidades de grãos de cereais com elevado teor de amido, e que podem provocar efeitos associativos negativos com redução da digestibilidade da fração fibrosa da dieta (VAN SOEST, 1994).

Outro pressuposto que pode ter favorecido a digestibilidade dos carboidratos fermentescíveis foi o oferecimento de 65% para a fração volumosa representada pelo feno de Tifton 85 (gramínea) que, em associação aos tratamentos com maiores níveis de inclusão, manteve uma quantidade equilibrada e constante de substrato no trato gastrointestinal dos animais, os quais possivelmente favoreceram o aumento da biomassa de microrganismos e consequentemente melhorou a ação fibrolítica de bactérias e protozoários nos compartimentos fermentativos dos equinos. Fato este evidenciado por Moore-Coyler et al. (2000) e Coverdale et al. (2004), que observaram aumento nas concentrações de AGV associados a ingestão de casca de soja devido, segundo os autores, a um maior desenvolvimento da biomassa microbiana sugerindo maior degradação de fibras no ceco canulado de pôneis e equinos, respectivamente

A elevação nos coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa em função do aumento da quantidade de CHO fermentescíveis ingeridos também foi observada por Quadros et al. (2004) e Brandi et al. (2014), que forneceram aos equinos dietas com níveis crescentes de casca de soja e polpa cítrica, respectivamente.

Moore-Colyer et al. (2000), utilizando pôneis fistulados no ceco, avaliaram o potencial de degradação de diferentes fontes de fibras e concluíram que dentre os coprodutos avaliados, a

casca de soja apresentou o segundo melhor resultado de coeficiente de digestibilidade da FDA (53%) e FDN (56%), perdendo apenas para a polpa de beterrada (68% e 77% de CDaFDA e CDaFDN, respectivamente).

Arruda et al. (2004) observaram que os melhores coeficientes de digestibilidade da FDN (64,79%) e FDA (60,62%) em equinos foram em dietas com inclusão de 30% de casca de soja quando comparados com resíduo de soja e casca de trigo. Já Coverdale et al. (2004), avaliaram a substituição de uma mistura de feno de alfafa e capim bermuda por até 75% de casca de soja peletizada, não observando influência nos coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa e justificaram este resultado ao alto valor nutricional da mistura de forragens (alfafa/capim bermuda) utilizada.

Para completar o estudo sobre o aproveitamento das fibra da dieta, avaliou-se também o coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos rapidamente fermentáveis (CDaC-RF), os quais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $P=0,7416$ ). Esta fração de carboidratos é representada pelas galactanas, frutanas, gomas, mucilagens, pectinas e amido não digerido no intestino delgado, os quais são digeridos por microrganismos fibrolítico na região cecocólica dos equinos (HOFFMAN et al., 2000)

A ausência de diferenças no CDaC-RF entre os tratamentos com níveis crescentes de casca de soja pode ter ocorrido em função de uma semelhança nas concentrações de carboidratos rapidamente fermentáveis do concentrado (8,23%) e da casca de soja (7,37%), , não causando impactos nas concentrações deste nutriente na dieta entre os cinco tratamentos.

Para os carboidratos hidrolisáveis houve diferença significativa ( $P<0,05$ ), sendo inferior (91,07%) o coeficiente de digestibilidade desse parâmetro quando houve a substituição em 40% do concentrado por casca de soja (TABELA 5). Em termos percentuais, a queda na digestibilidade desta variável foi de 3,7% em relação ao tratamento controle.

Apesar da queda no CDaC-H para o nível máximo de ingestão de casca de soja testado (1,4 Kg na MN/dia), os valores observados, em média de 93,18%, demonstraram que houve amplo aproveitamento desta fração de carboidratos pelos animais. Os carboidratos hidrolisáveis são compostos pelas hexoses, monossacarídeos, dissacarídeos e, principalmente, o amido, que estão presentes em excesso nos grãos de cereais ou em misturas peletizadas de grãos, sujeitos a digestão enzimática no intestino delgado dos equinos (HOFFMAN,et al., 2000).

Os resultados encontrados na presente pesquisa, apontando CDaC-H acima de 90% independentemente dos tratamentos estudados, podem ser explicados com base na capacidade limite de ingestão de amido pelos equinos. A literatura sugere que o aporte de amido por refeição não deve exceder os 2g/Kg do peso vivo dos equinos (POTTER et al., 1992;

VERVUERT; COENEN, 2009). Portanto, esta ingestão não deveria ultrapassar 910g de amido por refeição para equinos com 455 Kg (peso médio dos animais estudados). Considerando que o principal carboidrato hidrolisável do concentrado comercial é o amido e que tanto a casca de soja como o tifton 85 são pobres neste polissacarídeo, estimou-se que as dietas experimentais permitiram uma ingestão de amido por refeição aproximadamente em torno de 518,2g (controle); 478,8g (10% de CS); 428,4g (20% de CS); 382,6g (30% de CS) e 339,5g (40% de CS), valores estes bem inferiores ao preconizado pelos autores supracitados, o que permitiu uma intensa degradação enzimática pela  $\alpha$ -amilase sobre este substrato energético e respectiva absorção de glicose no intestino delgado.

A redução no CDaC-H para o nível de 40% de substituição de casca de soja pode ter ocorrido em função do aumento na ingestão de polissacarídeos não amiláceos, a qual pode ter contribuído para elevar a viscosidade da digesta. Isso predispõe a formação de géis, interferindo negativamente na acessibilidade das enzimas endógenas, como a  $\alpha$ -amilase, sobre seu respectivo substrato (amido) no intestino delgado (BRITO et al., 2008; SLOMINSKI et al.; 2006). Por outro lado, deve-se ressaltar que a queda de 3,7% na digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis para o referido tratamento, não comprometeu o balanceamento dietético desse parâmetro, uma vez que 40% de substituição de casca de soja proporcionou um aumento de 21% na digestibilidade dos carboidratos de fermentação lenta, além não comprometer a digestibilidade aparente da energia bruta ( $P>0,05$ ) e favorecer a ingestão de fibras que é essencial para esta espécie.

Os CDaC-H encontrados nesta pesquisa corroboram com aqueles observados por Morgado et al. (2009a), que pesquisaram diferentes fontes volumosas de gramíneas e leguminosas e encontraram valores entre 68,1% a 94,7% e por Morgado et al. (2009b) ao estudarem dietas suplementadas com concentrados e/ou óleo vegetal variando entre 91,9% e 97,7% de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis.

Para o coeficiente de digestibilidade aparente da energia não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos testados, sendo que a média do CDaED foi de 57,86%.

Os teores de energia bruta da casca de soja em questão apresentaram 4.083 Kcal/Kg de matéria seca, muito semelhante a EB do concentrado comercial (3.996 Kcal/Kg de matéria seca), fato este que poderia justificar a ausência de diferenças no coeficiente de digestibilidade aparente da energia digestível, ademais houve uma substituição de maiores quantidades de carboidratos hidrolisáveis por uma fonte de fibra de alta digestibilidade (DUREN, 2000), o que pode ter proporcionado uma equidade no aproveitamento energético da dieta. As fibras podem

ser consideradas uma importante fonte de energia para os equinos uma vez que o acetato produzido pela fermentação microbiana pode contribuir com até 30% da energia exigida pelo sistema locomotor ao mesmo tempo em que o propionato está envolvido com a gliconeogênese (POSO et al., 2008).

Os resultados apresentados corroboram com pesquisas conduzidas por Arruda et al. (2009) que avaliaram diferentes coprodutos agrícolas e encontraram coeficientes de digestibilidade de energia entre 54,45% e 57,67% para dietas contendo resíduo da soja e casca de soja, respectivamente. Miraglia et al. (2006), estudando alimentos concentrados ricos em fibras e diferentes proporções do mesmo concentrado com feno de gramíneas encontraram CDaEB variando entre 54,3% e 63,3%, dados semelhantes àqueles reportados nesta pesquisa.

### 1.5.2. Características físico química das fezes

Todos animais apresentaram fezes de consistência normal (escore 3), coloração esverdeada e odor *sui generi* na avaliação macroscópica das fezes conforme ilustrado na Figura 1, sugerindo que a substituição do concentrado por até 40% de casca de soja na dieta não provocou alterações ou distúrbios gastrointestinais nos equinos.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os diferentes tratamentos para produção fecal diária, teores de matéria seca, conteúdo hídrico e pH fecal, conforme apresentado na TABELA 6.



**FIGURA 1** - Amostras de fezes coletadas dos equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição por casca de soja.

**TABELA 6** – Valores referentes à produção fecal com base na matéria natural (MN) e matéria seca (MS), conteúdo hídrico e pH fecal de equinos consumindo dietas contendo níveis crescentes de casca de soja.

Variáveis	Níveis de substituição por casca de soja					Média	<sup>1</sup> P	<sup>2</sup> EP	<sup>3</sup> CV
	0%	10%	20%	30%	40%				
Produção Fecal na MN (Kg dia <sup>-1</sup> )	11,66	10,89	11,84	11,78	12,30	11,70	0,3417	0,457	8,75
Produção Fecal na MS (Kg dia <sup>-1</sup> )	2,86	2,72	2,94	2,86	2,94	2,86	0,9660	0,238	18,59
Produção Fecal (% PV)	2,57	2,40	2,54	2,46	2,60	2,52	0,6715	0,135	11,98
Conteúdo Hídrico (%)	75,43	74,97	75,16	75,63	76,09	75,46	0,1220	0,288	0,85
pH Fecal	6,29	6,37	6,29	6,35	6,41	6,34	0,0857	0,028	0,99

<sup>1</sup>P = valor de P.

<sup>2</sup>EP = erro padrão da média.

<sup>3</sup>CV = coeficiente de variação.

As fezes apresentaram grande proporção de fibras digeridas, com tamanho inferior a 10mm em relação às fibras não digeridas, formação de síbalas recobertas por muco, assim como quantidades insignificantes de grãos não digeridos e conteúdo hídrico normal, achados estes similares à Berg et al. (2005), Filgueiras et al. (2009) e Godoy et al. (2009). Tais características físicas observadas macroscopicamente permitem inferir que houve uma mastigação eficiente, além da velocidade e tempo de trânsito da digesta ao longo do TGI apresentar um trânsito prolongado através do cólon, o que contribuiu para promover processos digestivos e fermentativos satisfatórios (JONES et al., 2000; SANTOS et al., 2009).

Este conjunto de informações acerca das características macroscópicas das fezes, além de refletir a saúde do TGI, também pode ser um critério auxiliar no diagnóstico de cólicas obstrutivas ou não obstrutivas em equinos (GOLÇALVES et al., 2006). Trabalhos conduzidos por estes autores relataram que fezes secas, síbalas pequenas, descolorada ou amareladas, menos abundantes que o normal e com grãos, além de outros parâmetros clínicos, foram observadas com mais frequência nos casos de cólicas obstrutivas que em não obstrutivas, características estas não observadas na presente pesquisa.

A produção fecal diária com base na MN em função do PV representou 2,51%, com conteúdo hídrico de 75,5%, estando em concordância com a literatura que aponta produção fecal variando entre 1 a 3% do PV com base na MN e umidade em torno de 75% para equinos sadios (GODOI et al., 2009; FILGUEIRAS et al., 2009, MEYER, 1995). E a não observância de diferenças significativas no pH fecal ( $P>0,05$ ,) em função do aumento na ingestão de casca de soja, sugere que não ocorreram efeitos deletérios sobre os processos fermentativos e nem sobrecarga de carboidratos hidrolisáveis, uma vez que a casca de soja possui baixos níveis de amido.

Não foram observadas diferenças significativas no pH fecal em função do aumento da ingestão de casca de soja, sugerindo que não ocorreram efeitos deletérios sobre os processos fermentativos e nem sobrecarga de carboidratos hidrolisáveis, uma vez que a casca de soja possui baixos níveis de amido.

Pagan (2007) preconizou que o pH ideal para um melhor desempenho das bactérias fermentadoras de fibra varia entre 6,5 a 7,0, sendo esse parâmetro essencial para que não ocorra um comprometimento das atividades fibrolíticas, principalmente de bactérias celulolíticas. Santos et al. (2009), estudando os efeitos da sobrecarga de amido sobre o pH das fezes de equinos, observaram que o pH inicial médio das fezes foi de 6,1 e atingiu 4,8 após 36 horas da ingestão de amido, superando a capacidade tamponante das fezes com fluidificação das mesmas culminando em quadros diarreicos.



Trabalhos conduzindo por Berg et al. (2005) reportaram pH fecal de 6,48 para equinos mantidos em pastagem de gramíneas e suplementados com concentrado, e pH de 6,38 ao adicionar 24g/dia fruto-oligossacarídeos à mesma dieta. Zeyner et al. (2005) encontraram pH fecal variando entre 6,36 a 6,68 para dieta compostas por diferentes relações entre volumoso e concentrado.

Richard et al. (2006) avaliaram as características químicas das fezes de 690 equinos em treinamento submetidos a diferentes tipos de dieta e encontraram pH médio de 6,5, sendo que 27% apresentavam pH inferior a 6,2 indicando quadro de acidose intestinal. Muhonem et al. (2009) testaram mudanças abruptas na dieta de equinos ao alterar a ingestão de feno com silagem e silagem com feno, ambos de gramínea, não observando diferenças no pH fecal com média de 6,15 em cada mudança.

O pH intestinal ideal para as atividades fibrolíticas apresentam limites estreitos de variação, no entanto há disparidades nos resultados encontrados na literatura. Estas oscilações de pH podem ser explicadas pelas variações nas populações de microrganismos do TGI, pela natureza do substrato presente no IG, pela relação entre carboidratos fermentáveis e hidrolisáveis e pela produção e concentração de AGV no intestino grosso e ceco (Pagan, 2007; Berg et al., 2013).

Dietas contendo maior quantidade de volumoso rico em celulose e hemiceluloses tendem a aumentar a produção de acetado quando comparado ao propionato e butirato (MOORE-COYLE et al., 2000; ZEYNER et al., 2005; NRC, 2007). Já dietas contendo alta quantidade de grãos, ou seja, carboidratos hidrolisáveis, tendem a aumentar a produção de propionato e lactato (RICHARDS et al., 2006; SANTOS et al., 2009).

A taxa de absorção dos AGV dos ácidos graxos pelo epitélio intestinal e o transporte para a corrente sanguínea dependem amplamente do peso molecular de cada ácido graxo, sendo que a ordem de absorção é do mais leve para o mais pesado, ou seja, acetato, propionato, butirato e lactato. A absorção dos AGV é de extrema importância para manter o pH intestinal acima de 6,0 (BERG et al., 2013).

Além disso, deve-se ressaltar também o efeito tampão das fibras representadas pela casca de soja e o tifton 85 que, devido a sua alta capacidade de trocas catiônicas e retenção de água, também são capazes de atuar como regulador do pH intestinal em equinos. Este fato pode ser observado neste estudo, pois, apesar de não tenha havido diferença significativa entre o pH dos cinco tratamentos, foi possível observar uma tendência ( $P=0,0857$ ) de elevação do pH de 6,29 (controle, sem CS) para 6,41 (40% de CS).

### 1.5.3. Resposta Glicêmica Pós-Prandial

Os valores da glicemia basal e pico de glicose, assim como o tempo do pico e a área abaixo da curva glicêmica foram similares entre todos os tratamentos ( $P>0,05$ ), conforme apresentado na TABELA 7.

**TABELA 7** – Valores médios das concentrações plasmática basais ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ) e pico de glicose ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ), tempo gasto até o pico de glicose (minutos) e área trapezoidal abaixo da curva glicêmica ( $\text{mg.dL}^{-1} \times \text{min}$ )

Variável	Níveis de substituição por casca de soja					Média	<sup>1</sup> P	<sup>2</sup> EP	<sup>3</sup> CV
	0%	10%	20%	30%	40%				
Glicose Basal	91,25	93,96	86,51	91,45	93,12	91,26	0,559	3,273	8,02
Pico Glicose	135,63	126,20	119,40	119,60	119,60	124,04	0,112	4,539	8,18
Tempo Pico	78	78	90	102	102	90	0,516	12,96	32,20
AAC	32.434	31.612	31.090	31.374	30.950	31.492	0,905	1,173	8,33

<sup>1</sup>P = valor de P.

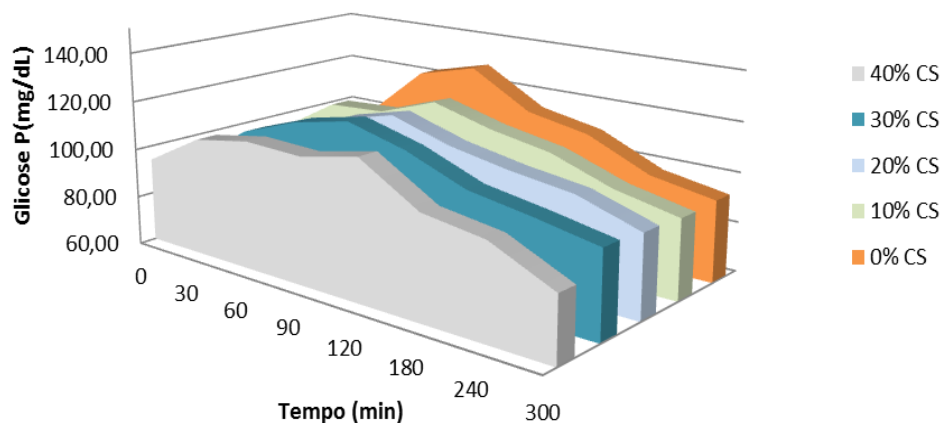
<sup>2</sup>EP = erro padrão da média.

<sup>3</sup>CV = coeficiente de variação.

As concentrações basais de glicose variaram entre 86,51 e 94,21  $\text{mg.dL}^{-1}$  estando compatíveis com os valores normais de referência para glicemia no jejum, os quais podem oscilar entre 80 a 100  $\text{mg.dL}^{-1}$  e elevar-se até 150  $\text{mg.dL}^{-1}$  após consumo de dietas rica em amido (MEYER,1995).

O pico glicêmico que correspondeu aos valores plasmáticos mais elevados de glicose mensurados ao longo dos 300 minutos do teste variou entre 119,20 a 135,63  $\text{mg.dL}^{-1}$  e o tempo para atingir tais concentrações variou entre 78 a 102 minutos. Todos os animais apresentaram retorno da glicemia a níveis basais até 300 minutos após ingestão de seus respectivos tratamentos.

O estudo da área abaixo da curva (AAC) das concentrações plasmática de glicose é uma forma de avaliar a quantidade de glicose absorvida durante um intervalo de tempo de um determinado teste glicêmico; que no presente estudo foi observado média de 31.492  $\text{mg.min.dL}^{-1}$  e não houve diferença significativa entre os tratamentos, conforme apresentados na TABELA 7 e FIGURA 1.



**FIGURA 2** – Concentrações plasmáticas de glicose representadas pela área abaixo da curva trapezoidal

Assim como ocorre em humanos, há evidências que equinos submetidos à dietas altamente glicêmicas estão predispostos a problemas de resistência a insulina, obesidade, laminite e distúrbios gastrointestinais (BAMFORD et al., 2013; HOFFMAN, 2009). Por isso, o estudo de estratégias nutricionais para evitar altas respostas glicêmicas e insulinêmicas incluem a redução na ingestão de carboidratos não estruturais como amido ou inclusão de misturas de fibras dietéticas às refeições concentradas (VERVUET; COENEN, 2008).

A substituição de parte do amido por fibra solúvel (pectina) ou insolúvel (celulose e hemicelulose) na porção preconizada para ração concentrada pode influenciar as respostas pós-prandial da glicose e insulina devido a alguns mecanismos tais como: viscosidade do quimo, prolongamento da taxa de passagem, retardamento na atividade da  $\alpha$ -amilase e produção de ácidos graxos voláteis pela fermentação das fibras no intestino grosso, dentre outros (OU et al., 2001; VERVUET; COENEN, 2008).

Os resultados encontrados nesta pesquisa apontaram ausência de diferenças estatísticas para o pico de glicose, tempo de pico e AAC, independentemente dos níveis de casca de soja ingeridos, não confirmando a hipótese formulada de que a adição deste coproduto, rico em pectina, celulose e hemicelulose pouco lignificada reduziriam as respostas glicêmicas pós-prandiais à medida que se aumentasse a presença de casca de soja na fração concentrada da dieta dos animais, considerando que a casca de soja foi classificada como alimento de baixo índice glicêmico em estudo desenvolvido por Rodiek; Stull (2007).

Uma possível justificativa plausível para os dados apresentados pode estar relacionada à baixa quantidade de casca de soja ingerida. A ingestão de casca de soja por refeição na matéria seca foi aproximadamente 156g (10%), 314g (20%), 470g (30%) e 627g (40%) para os tratamentos, o que representa uma proporção de 0,34 a 1,38 g de CS por Kg de peso corporal (455 Kg) por refeição sugerindo que tais quantidades talvez não tenham sido suficientes para causar alterações significativas na viscosidade da ingesta a ponto de retardar a taxa de passagem ou reduzir a atividade da  $\alpha$ -amilase sobre seu substrato. Rodiek; Stull (2007) estudando índice glicêmico de alimentos para equinos observaram baixas respostas glicêmicas pós-prandiais a partir da ingestão de 2,36 Kg de casca de soja; 1,71 Kg de polpa de beterraba; 1,53 Kg de farelo de arroz dentre outros coprodutos, quantidades estas bem superiores às utilizadas nesta pesquisa.

Vervuert et al (2008b) preconizaram uma ingestão menor 1,1g/Kg de PC por refeição de alimentos contendo amido de alta digestibilidade, para que haja apenas respostas glicêmicas moderadas em equinos saudáveis. Tal fato corrobora com a presente pesquisa, uma vez que a proporcionalidade de carboidrato hidrolisável (amido) ingerido proveniente dos tratamentos (mistura em diferentes níveis de concentrado comercial + casca de soja) em relação ao PC dos animais representou valores de 1,1 g/Kg de PC/refeição para o nível de 100% de ingestão de concentrado comercial (0% de CS), e 0,66 g/Kg de PC/refeição para o nível de 60% de ingestão do mesmo alimento (40% de CS). Portanto, tais misturas não provocaram grandes flutuações nas respostas glicêmicas dos equinos, conforme limites seguros de ingestão de CHO-H recomendados por aqueles autores.

Resultados similares foram observados por Vervuert; Coenen (2008a), os quais adicionaram 0,1g/Kg de PC de pectina e 0,2 g/kg de PC lignocelulose ao milho triturado e não observaram diferenças para o pico de glicose, tempo de pico e AAC. Os valores médios de pico de glicose foram 122,32 mg.dL<sup>-1</sup>; 126,10 mg.dL<sup>-1</sup> e 126,64 mg.dL<sup>-1</sup> para milho triturado, milho triturado com lignocelulose e milho triturado com pectina, respectivamente. Estes valores foram semelhantes aos encontrados neste estudo, cujo valor médio foi de 124,04 mg.dL<sup>-1</sup>. Já o tempo de pico médio foi de 119,8 minutos acima do tempo de pico médio encontrado nesta pesquisa, que foi de 90 minutos.

Considerando a biodisponibilidade de amido nos alimentos, pesquisas conduzidas por Gobesso et al. (2009) testando dietas composta por feno de gramínea e concentrado com diferentes fontes amídicas (milho, aveia e sorgo) encontraram picos glicêmicos oscilando entre 123,23 (aveia) a 161,63 mg.dL<sup>-1</sup> (milho) após 90 minutos após ingestão dos concentrados experimentais, valores estes superiores quando comparados com os picos de glicose referente

aos tratamentos contendo casca de soja em níveis de 20% (119,20 mg.dL<sup>-1</sup>), 30% (119,51 mg.dL<sup>-1</sup>) e 40% (119,68 mg.dL<sup>-1</sup>). Novamente, a redução de ingestão de concentrado comercial em função do aumento da casca de soja sugere potencial para redução da resposta glicêmica pós-prandial em equinos.

Adicionalmente às evidências acima mencionadas acerca dos resultados, deve-se ressaltar ainda que a glicemia também é regulada por diferentes mecanismos hormonais e não hormonais, que são passíveis de influências por diferentes fatores que podem interferir diretamente nos resultados glicêmicos do estudo, tais como: idade dos animais, velocidade de preenchimento gástrico, taxa de passagem no TGI, estresse (cortisol), treinamento, dentre outros (MCLEAN et al., 2000; FERRAZ et al., 2008).

## CONCLUSÕES

A casca de soja pode ser fornecida na dieta de equinos em atividade física de intensidade moderada em níveis de 30% e 40% de substituição da fração concentrada sem afetar negativamente a digestibilidade dos nutrientes e características físico-química das fezes mantendo a saúde do trato gastrointestinal, além de permitir um aporte de fibra de fermentação rápida com o benefício de melhorar a digestibilidade da fração fibrosa e contribuir para redução na ingestão de carboidratos hidrolisáveis (amido) prevenindo desta forma a ocorrência de distúrbios gastrointestinais.

A casca de soja demonstrou ser uma fonte viável de fibra dietética para o fornecimento de energia podendo ser utilizada nas formulações de dieta com intuito de reduzir as concentrações de carboidratos hidrolisáveis ingeridos sem causar alterações na glicemia pós-prandial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ALMEIDA, F. Q.; VALADARES, F. C. F.; QUEIROZ, A. C.; LEAO, M. I.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Digestibilidade aparente e verdadeira pré cecal e pós ileal da proteína em dietas com diferentes níveis protéicos em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p.521-529, 1998.
02. ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição Animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal**. Os alimentos. 4. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1999. 387p.
03. ARRUDA, A. M. V. de; RIBEIRO, L. B.; PEREIRA, E. S. Avaliação de alimentos alternativos para cavalos adultos da raça Crioulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 61-68, 2009.
04. BERG, E. L.; FU, C. J.; PORTER, J. H.; KERLEY, M. S. Fructooligosaccharide supplementation in the yearling horse: Effects on fecal, pH, microbial content and volatile fatty acid concentrations. **Journal. Animal Science**, v. 83, p. 1549–1553, 2005.
05. BERG, M. V.; HOSKIN, S. O.; ROGERS, C. W.; GRINBERG, A. Fecal pH and Microbial Populations in Thoroughbred Horses During Transition from Pasture to Concentrate Feeding. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 33, p. 215-222, 2013.
06. BRAGA, A. C.; ARAUJO, K. V.; LEITE, G. G.; MASCARENHAZ, A. G. Níveis de fibra em detergente neutro em dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1065-1072, 2008.
07. BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 246-258, 2009. Suplemento Especial.
08. BRANDI, R. A.; TRIBUCCI, A. M.; BALIEIRO, J. C.; HOFFMAN, R. M.; BUENO, I. C. Citrus Pulp in Concentrates for Horses. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, p. 1272-1279, 2014.
09. BRITO, M. S.; OLIVEIRA, C. F.; SILVA, T. R. G.; LIMA, R. B.; MORAIS, S. N.; SILVA, J. H. V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.
10. CASALECCHI, F. L.; ETCHICHURY, M.; GONZAGA, V. F. et al. Digestibilidade aparente total e respostas glicêmicas de dietas para equinos contendo milho submetido a diferentes processamentos. **Brazilian Journal Research of Animal Science**, v. 49, n. 3, p. 232-238, 2012.
11. COVERDALE, J.A.; MOORE, J. A.; TYLER, H. D.; MILLER-AUWERDA, P. A. Soybean hulls as an alternative feed for horses. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1663-1668, 2004.

12. DROGOUL, C.; FOMBELLE, A.; JULLIAND, V. Feeding and microbial disorders in horse: Part 2 - Effect of three hay:grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 21, n. 10, p. 487-491, 2001.
13. DUREN, S. **Feeding the endurance horse**. Kentucky Equine Research, Inc: Versailles, Kentucky, 2000. p. 351-363.
14. EZEQUIEL, J. M. B.; SILVA, O. G. C.; GALATI, R. L. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 569-575, 2006.
15. FERRAZ, G. C.; DANGELIS, F. H. P.; TEIXEIRA, A. R.; FREITAS, E. V. V.; LACERDA NETO, J. C.; QUEIROZ NETO, A. Blood lactate threshold reflects glucosa responses in horses submitted to incremental exercise test. **Arquivo Brasileiro de Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 256-259, 2008.
16. FILGUEIRAS, J. M.; MELO, U. P.; FERREIRA, C.; FRANÇA, S. A.; SHIMODA, E. Características das fezes e excreção fecal de areia em equinos mantidos a pasto no município de Cachoeiro do Itapemirim, Espírito Santos, Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1200-1206, 2009.
17. GEOR, R. J. Nutritional management of the equine athlete. In: HINCHICLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine Exercise Physiology**. Elsevier, 2008, 301-323p.
18. GOBESSO, A. O.; ETCHICHURY, M.; TOSI, H. Respostas plasmáticas de glicose e insulina em equinos alimentados com diferentes fontes de amido. **Brazilian Journal Veterinary Research Science**, v. 46, n. 4, p. 324-331, 2009.
19. GODOI, F. N.; QUEIROZ, F. A.; SANTIAGO, J. M.; JUNIOR, D. G.; NOGUEIRA, Y. C.; BRASILEIRO, L. S. Perfil hematológico e características das fezes de equinos consumindo dietas hiperlipidêmicas. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2572-2577, 2009.
20. GONÇALVES, S.; LEBLOND, A.; DROGOUL, C.; JULLIAND, V. Using feces characteristics as a criterion for the diagnosis of colic in the horse: a clinical review of 207 cases. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 157, p. 3-10, 2006.
21. HOFFMAN, R. M.; WILSON, J. A.; KRONFELD, D. S.; COOPER, W.L.; LAWRENCE, L. A.; SKLAN, D.; HARRIS, P. A. Hydrolizable carbohydrates in pasture, hay and horse feeds: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 500-506, 2001.
22. HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horse. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 270-276, 2009. Suplemento Especial.
23. JANSSEN, W. L.; VAN DER KUILEN, J.; GEELLEN, S. N. J. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fiber in trotting horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 32, n. 1, p. 27-30, 2000.



24. JONES, S. L.; SNYDER, J. R.; SPIER, S. Fisiologia do Intestino Grosso. In: REED, S. M.; BAYLY, W. N. **Medicina Interna Equina**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2000, p. 561-586.
25. KRONFELD, D. S.; HOLLAND, J. L.; RICH, G. A.; MEACHAM T. N.; FONTENOT J. B.; SKLAN, D. J.; HARRIS, P. A. Fat digestibility in *Equus caballus* follow increasing a first-order kinetics. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 6, p. 1773-1780, 2004.
26. LINDBERG, J. E.; GUSTAVSSON, E. B.; DAHLBORN, K.; JANSSON, A. Exercise response, metabolismo at rest and digestibility in athletic horses fed high fat oats. **Equine Veterinary Journal**. Supplement, n. 36, p. 626-630, 2006.
27. MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método DNS. **Comunicado Técnico 85 - Embrapa Hortaliças**, 2013.
28. MEYER, H. **Alimentação de Cavalos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1995. 303p.
29. MCLEAN, B. M. L.; HYSLOP, J. J.; LONGLAND, A. C.; CUDDEFORD, D.; HOLLANDS, T. Physical processing of barley and its effects on intra-caecal fermentation patterns in ponies. *Animal Feed Science and Technology*, v.85,p 79–87, 2000.
30. MIRON, J.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A. Lactation performance and feeding behavior of dairy cows supplemented via automatic feeders with soy hulls or barley based pellets. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 3808-3815, 2004.
31. MORGADO, E.; L, GALZERANO. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestine grosso. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 10, n. 7, julho 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617149009.html>>. Acesso em 07 fev, 2014.
32. MORGADO, E. S.; ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P.; GOMES, A. V. C; GALZERANO, L.; VENURA, H. T.; RODRIGUES L. M. Digestão dos carboidratos de alimentos volumosos em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 75-81, 2009a.
33. MORGADO, E. S.; ALMEIDA, F. Q.; GODOI, F. N.; GOMES, A. V. C; GALZERANO, L.; FRANÇA, A. B.; BRASILEIRO, L. S. Digestão de carboidratos em equinos alimentados com dietas compostas de volumoso ou de volumoso suplementado com concentrado e/ou óleo de soja. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1112-1119, 2009b.
34. MOORE-COLYER, M. J. S.; HYSLOP, J. J.; LONGLAND, A. C.; CUDDEFORD. D. Intra-caecal fermentation parameters in ponies fed botanically diverse fibre-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 84, p. 183–197, 2000.
35. MUHONEN, S.; JULLIAND, V.; LINDBERG, J. E.; BERTILSSON, J.; JANSSON, A. Effects on the equine colon ecosystem of grass silage and haylage diets after an abrupt change from hay. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2291-2298, 2009.
36. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Horses**. 6. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007, 341p.

37. OLIVEIRA, G. J. C.; LIMA, J. A. F.; ARAUJO, K. V.; FIALHO, E. T.; BERTECHINI, A. G.; PEREZ, J. R.; FREITAS, R. T. Influência da adição de Pectina e Farelo de Soja sobre a Digestibilidade Aparente de Nutrientes em Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1184-1192, 2002.
38. OLIVEIRA K.; FURTADO, C. E. Digestibilidade aparente de dieta com diferentes níveis de farelo de canola para cavalos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 181-186, 2001.
39. OU, S.; KWOK, K.; LI, Y.; FU, L. In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 1026–1029, 2001.
40. PAGAN, J. D.; HARRIS, P.; BARNES, T. B.; DUREN, S. E. Exercise affects digestibility and rate passage of all forage and mixed diets in thoroughbred horses. **The of Journal Nutrition**, v. 128, p. 2704-2707, 1998.
41. PAGAN, J. D. Hindgut acidosis common in horses. **Feedstuffs**, v. 79, n. 31, p. 12 13, 2007.
42. POSO, A. R.; HYYPPA, S.; GEOR, R. J. Metabolic responses to exercises and training. In: HINCHICLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine Exercise Physiology**. Elsevier, 2008, 301-323p.
43. POTTER, G. D.; ARNOLD, F. F.; HOUSEHOLDER, D. D. et al. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde Sonderheft**, Hanover, v. 1, p. 107-111, 1992.
44. QUADROS, J. B. S.; FURTADO, C. E.; BARBOSA, E. D.; ANDREADE, M. B.; TREVISAN, A. G. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de Tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 564-574, 2004.
45. QUADROS, A. R. B.; MOREIRA, I.; PAIANO, D. et al. Avaliação nutricional da casca de soja integral ou moída, ensilada ou não, para suínos em fase de crescimento. **Acta Scientiarum Animal**. v. 29, n. 1, p. 31-38, 2007.
46. RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D. C. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1009-1015, 2004.
47. RETORE, M.; SILVA, L.P.; TOLEDO, G. S. P.; ARAUJO, I. G. Efeito da fibra de co-produtos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1232-1240, 2010.
48. RICHARD, N.; HINCH, G. N.; ROWE, J. B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing Thoroughbred. **Australian Veterinary Journal**, v. 84, n. 11, p. 402-407, 2006.

49. RIBEIRO, R. M.; PASTORI, W. T.; GFAGUNDES, M. H. et al. Efeitos da inclusão de diferentes fontes de lipídeos e óleo mineral na dieta sobre a digestibilidade dos nutrientes e o níveis plasmáticos de gorduras em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1989-1994, 2009a.
50. RODIEK, A. V.; STULL, C. L. Glycemic Index of Ten Common Horse Feeds. **The Journal of Equine Veterinary Science**, v. 27, p. 205-211, 2007.
51. SLOMINSKI, B.A.; MENG, X.; CAMPBELL, L.D.; GUENTER, W.; JONEST, O. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part II: Flaxseed. **Poultry Science**, v. 85, p.1031-1037, 2006
52. SANTOS, T. M.; ALMEIDA, F. Q.; GODOI, F.N.; SILVA, V. P.; FRANÇA, A. B.; SANTIAGO, J. M.; SANTOS, C. S. Capacidade tamponante, pH e consistências das fezes em equinos submetidos a sobrecarga dietética com amido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1782-1788, 2009.
53. SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, p. 235-242, 2009.
54. TOLEDO, G. S.; EGGERSI, D. P.; SILVA, L. P.; PACHECO, P. S. KLINGER, A. K.; CAPITANIO, J. R.; SHIMIDT, T.; ORTIZ, J. Casca de soja em substituição ao feno de alfafa em dietas fareladas para coelhos em crescimento. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1896-1900, 2012.
55. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implication in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
56. VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
57. VERVUERT, I.; COENEN, M. Glycaemic index of feeds for horse. In: Digestion of carbohydrates and metabolic responses. **Equine Nutrition Conference Hannover**, 2005.
58. VERVUERT, I.; COENEN, M. Effect of mixing dietary fibre (purified lignocellulose or purified pectin) and corn meal on glucose and insulin responses in healthy horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, n. 93, p. 331-338, 2008a.
59. VERVUERT, I.; VOIGT, K.; HOLLANDS, T.; CUDDEFORD, D.; COENEN, M. Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. **The Veterinary Journal**, v. 182, p. 67-72, 2008b.
60. ZEYNER, A.; GEIBLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, p. 7-19, 2004.